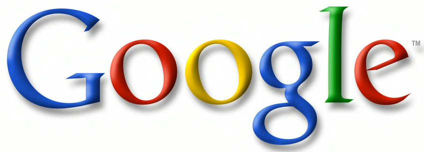

Google

Encyclopédie agricole

E. Schribaux & J. Nanot

BOTANIQUE AGRICOLE



PARIS

J.-B. BAILLIÈRE & FILS

ENCYCLOPÉDIE AGRICOLE

Publiée sous la direction de G. WERY

E. SCHRIBAUX ET J. NANOT

BOTANIQUE AGRICOLE

6544-05. — Corbeil. Imprimerie Ed. Crété.

ENCYCLOPÉDIE AGRICOLE
Publiée par une réunion d'Ingénieurs agronomes
SOUS LA DIRECTION DE G. WERY

BOTANIQUE AGRICOLE

PAR

E. SCHRIBAUX
PROFESSEUR A L'INSTITUT AGRONOMIQUE
DIRECTEUR DE LA STATION D'ESSAIS
DE SEMENCES
MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ NATIONALE
D'AGRICULTURE.

J. NANOT
MAITRE DE CONFÉRENCES
A L'INSTITUT AGRONOMIQUE
DIRECTEUR
DE L'ÉCOLE NATIONALE D'HORTICULTURE
DE VERSAILLES

Introduction par le Dr P. REGNARD
DIRECTEUR DE L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

Avec 294 figures





PARIS
LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS
19, rue Hautefeuille, près du boulevard Saint-Germain

1906

ENCYCLOPÉDIE AGRICOLE



INTRODUCTION

Si les choses se passaient en toute justice, ce n'est pas moi qui devrais signer cette préface.

L'honneur en reviendrait bien plus naturellement à l'un de mes deux éminents prédécesseurs :

A Eugène TISSERAND, que nous devons considérer comme le véritable créateur en France de l'enseignement supérieur de l'agriculture : n'est-ce pas lui qui, pendant de longues années, a pesé de toute sa valeur scientifique sur nos gouvernements et obtenu qu'il fût créé à Paris un Institut agronomique comparable à ceux dont nos voisins se montraient fiers depuis déjà longtemps ?

Eugène RISLER, lui aussi, aurait dû, plutôt que moi, présenter au public agricole ses anciens élèves devenus des maîtres. Près de douze cents ingénieurs agronomes, répandus sur le territoire français, ont été façonnés par lui : il est aujourd'hui notre vénéré doyen, et je me souviens toujours avec une douce reconnaissance du jour où j'ai débuté sous ses ordres et de celui,

proche encore, où il m'a désigné pour être son successeur (1).

Mais, puisque les éditeurs de cette collection ont voulu que ce fût le directeur en exercice de l'Institut agronomique qui présentât aux lecteurs la nouvelle *Encyclopédie*, je vais tâcher de dire brièvement dans quel esprit elle a été conçue.

Des Ingénieurs agronomes, presque tous professeurs d'agriculture, tous anciens élèves de l'Institut national agronomique, se sont donné la mission de résumer, dans une série de volumes, les connaissances pratiques absolument nécessaires aujourd'hui pour la culture rationnelle du sol. Ils ont choisi pour distribuer, régler et diriger la besogne de chacun, Georges WERY, que j'ai le plaisir et la chance d'avoir pour collaborateur et pour ami.

L'idée directrice de l'œuvre commune a été celle-ci : extraire de notre enseignement supérieur la partie immédiatement utilisable par l'exploitant du domaine rural et faire connaître du même coup à celui-ci les données scientifiques définitivement acquises sur lesquelles la pratique actuelle est basée.

Ce ne sont donc pas de simples Manuels, des Formulaires irraisonnés que nous offrons aux cultivateurs; ce sont de brefs Traités, dans lesquels les résultats incontestables sont mis en évidence, à côté des bases scientifiques qui ont permis de les assurer.

Je voudrais qu'on puisse dire qu'ils représentent le véritable esprit de notre Institut, avec cette restriction qu'ils ne doivent ni ne peuvent contenir les discus-

(1) Depuis que ces lignes ont été écrites, nous avons eu la douleur de perdre notre éminent maître, M. Risler, décédé, le 6 août 1905, à Calèves (Suisse). Nous tenons à exprimer ici les regrets profonds que nous cause cette perte. M. Eugène Risler laisse dans la science agronomique une œuvre impérissable.

sions, les erreurs de route, les rectifications qui ont fini par établir la vérité telle qu'elle est, toutes choses que l'on développe longuement dans notre enseignement, puisque nous ne devons pas seulement faire des praticiens, mais former aussi des intelligences élevées, capables de faire avancer la science au laboratoire et sur le domaine.

Je conseille donc la lecture de ces petits volumes à nos anciens élèves, qui y retrouveront la trace de leur première éducation agricole.

Je la conseille aussi à leurs jeunes camarades actuels, qui trouveront là, condensées en un court espace, bien des notions qui pourront leur servir dans leurs études.

J'imagine que les élèves de nos Écoles nationales d'agriculture pourront y trouver quelque profit, et que ceux des Écoles pratiques devront aussi les consulter utilement.

Enfin, c'est au grand public agricole, aux cultivateurs, que je les offre avec confiance. Ils nous diront, après les avoir parcourus, si, comme on l'a quelquefois prétendu, l'enseignement supérieur agronomique est exclusif de tout esprit pratique. Cette critique, usée, disparaîtra définitivement, je l'espère. Elle n'a d'ailleurs jamais été accueillie par nos rivaux d'Allemagne et d'Angleterre, qui ont si magnifiquement développer chez eux l'enseignement supérieur de l'agriculture.

Successivement, nous mettons sous les yeux du lecteur des volumes qui traitent du sol et des façons qu'il doit subir, de sa nature chimique, de la manière de la corriger ou de la compléter, des plantes comestibles ou industrielles qu'on peut lui faire produire, des animaux qu'il peut nourrir, de ceux qui lui nuisent.

Nous étudions les manipulations et les transformations que subissent, par notre industrie, les produits de la terre : la vinification, la distillerie, la panification, la fabrication des sucres, des beurres, des fromages.

Nous terminons en nous occupant des lois sociales qui régissent la possession et l'exploitation de la propriété rurale.

Nous avons le ferme espoir que les agriculteurs feront un bon accueil à l'œuvre que nous leur offrons.

Dr PAUL REGNARD,

Membre de la Société nationale d'Agriculture de France,

Directeur de l'Institut national agronomique.

PRÉFACE

La plante domine de haut les autres facteurs de la production végétale ; vers elle, convergent tous les efforts du cultivateur ; or, par une étrange contradiction, c'est précisément de la plante que les agronomes s'occupent le moins : ils agissent comme ces architectes qui construisent une maison, sans se renseigner exactement sur sa destination et sur les habitudes des hôtes qui doivent s'y installer.

Une foule de questions d'un intérêt pratique considérable retournées tant de fois sans arriver jamais à les résoudre complètement, telles que la répartition des engrais et des semences, le nettoyage des terres, le choix des variétés, l'amélioration des espèces végétales, pour ne citer que les plus importantes, attendront leur solution définitive, aussi longtemps que l'étude des plantes agricoles ne nous fournira pas les données essentielles de ces différents problèmes.

Les ouvrages d'agriculture, de même que notre enseignement agricole à tous les degrés, se complaisent dans l'étude du sol, des engrais et des machines ; la mécanique et surtout la chimie y règnent en souveraines ; quant à la plante, elle est reléguée au second plan, nous ne la voyons pas vivre et se plier aux conditions du milieu ; dans nos champs, elle apparaît à l'élève comme un ballon ou un creuset au sein desquels s'accomplissent des réactions chimiques ; sur nos greniers, on la traite en matière inerte bien plus qu'en être vivant.

Incontestablement, la chimie se place au premier rang des sciences qui ont renouvelé l'industrie du sol : elle a plus fait pour l'agriculture que des siècles de labeur et d'observation, et l'avenir nous dira certainement qu'elle n'a pas encore donné la mesure de sa puissance. Demandons-lui ce qu'elle peut

nous donner, mais affranchissons-nous de sa tutelle ou plutôt de sa tyrannie.

Nous prétendons que ce serait rendre un service signalé au pays, que d'orienter résolument les travaux de nos établissements de recherches agricoles vers la biologie des espèces cultivées.

A nos yeux, le plus grand mérite de la *Botanique agricole*, c'est d'être un premier jalon planté dans cette direction.

Il faut bien avouer que nos connaissances en botanique, et notamment en physiologie végétale, sont circonscrites dans une sphère très étroite, qui donne rarement complète satisfaction à la curiosité du cultivateur.

Est-ce donc une raison pour ne pas les étendre et les préciser Déjà telle qu'elle est, avec ses lacunes et ses imperfections, la botanique peut guider très utilement le praticien. Nous espérons que la lecture de la *Botanique agricole* lui laissera cette conviction.

*
* *

En rédigeant la *Botanique agricole*, nous avons songé non seulement aux élèves des Écoles d'agriculture et des Écoles normales, mais encore aux agriculteurs très nombreux aujourd'hui qui, ayant déjà les premières connaissances scientifiques, désirent des notions plus complètes de botanique pour les appliquer à une exploitation rationnelle du sol.

Il nous a semblé nécessaire, dans un ouvrage aussi élémentaire que celui-ci, de parler seulement des plantes phanérogames ; il existe d'ailleurs des publications excellentes qui s'occupent des autres groupes végétaux (1).

La seconde édition que nous présentons au public ne ressemble plus guère à la précédente : la première partie, qui traite de la cellule, des tissus et des appareils, a été entièrement remaniée ; il en est de même, dans la seconde partie, des

(1) Signalons notamment le *Traité des Maladies des plantes* de M. Prillieux, membre de l'Institut, professeur honoraire à l'Institut agronomique ; l'*Atlas de Botanique descriptive* et l'*Atlas de Pathologie végétale* du Docteur Delacroix, maître de conférences à l'Institut agronomique.

chapitres consacrés à la racine, à la nutrition, aux procédés de multiplication asexuée, aux méthodes de conservation des fruits et des graines ; les chapitres relatifs aux semences, à l'amélioration des espèces cultivées sont entièrement nouveaux.

La *Botanique agricole* s'est enrichie également d'un grand nombre de figures. Elles ont été dessinées par deux jeunes artistes de grand talent qui portent un nom cher à la science botanique, M[lles] Julien Vesque. Aux vifs remerciements que nous leur adressons, nous associons le souvenir ému du professeur éminent dont nous pleurons la perte.

M Gallaud, préparateur de botanique à l'École normale, supérieure, a bien voulu revoir les chapitres consacrés à la feuille, à la fleur et au fruit. Notre ami M. Griffon, professeur de botanique à Grignon, a rédigé le chapitre si intéressant des *Variations dans la greffe*. Nous leur exprimons notre sincère reconnaissance.

Nous n'oublions pas tout ce que devons à nos chers maîtres, MM. Tisserand, Prillieux, Risler. Puissent-ils sentir passer, dans les pages de ce modeste livre, le souffle de l'amour ardent pour l'agriculture qu'ils ont su inspirer à leurs élèves.

E. Schribaux et J. Nanot.

BOTANIQUE AGRICOLE

PREMIÈRE PARTIE

GÉNÉRALITÉS

NOTIONS PRÉLIMINAIRES

Les trois règnes de la nature. — La matière revêt des aspects en nombre infini. L'observation nous conduit à reconnaître, parmi les corps qui sont répandus à sa surface, ou qui constituent sa masse, deux groupes nettement distincts : les uns ont une existence passive, la vie ne les anime pas ; ce sont les *corps bruts* ou *inanimés*, qu'on appelle aussi les *minéraux*.

Les autres jouissent d'une activité propre qui les met en rapport constant avec le monde extérieur ; ce sont les *êtres vivants* ou *organisés*.

Ces derniers se divisent à leur tour en deux catégories bien connues : les *végétaux* et les *animaux*.

Dans la nature, on distingue ainsi trois grandes divisions ou *règnes* : le règne minéral, le règne végétal et le règne animal.

Caractères généraux des êtres vivants. — Tous les êtres vivants présentent un certain nombre de caractères communs que les corps bruts ne possèdent pas ; au premier rang, se placent : l'organisation, la nutrition, et la reproduction.

Organisation. — Broyons un minéral, un morceau de craie par exemple; aussi loin que nous poussions la division, nous retrouvons dans les particules les plus ténues, tous les caractères de la masse entière.

Il n'en va pas de même avec un être vivant. Celui-ci est une machine compliquée, construite suivant un plan déterminé; on donne le nom d'*organisation* à la disposition spéciale des pièces qui composent la machine vivante. En la mutilant, on ne reconnaît plus dans ses débris, ni l'organisation, ni l'activité de l'être complet.

Nutrition. — C'est la propriété la plus constante et la plus caractéristique de la vie. Le corps brut est dans un état de repos intérieur permanent; le corps vivant, dans un état de perpétuelle activité; il entretient avec ce qui l'entoure, atmosphère, sol, avec ce qu'on appelle le *milieu extérieur*, des relations incessantes : il lui emprunte une certaine quantité de matière, p, c'est l'*aliment*; en retour, il lui en restitue une certaine quantité, p', c'est l'*excrément*.

Si l'aliment l'emporte sur l'excrément, si l'on a p plus grand que p', l'être vivant augmente de poids : il s'*accroît*; si p égale p', il reste stationnaire; enfin, si l'on a p plus petit que p', il *décroît* et ne tarde pas à mourir. L'être vivant est donc constamment en voie de transformation, de composition et de décomposition; il passe successivement par les périodes de la jeunesse, de l'âge adulte et de la vieillesse. Quand il incorpore à ses tissus des matières tirées de l'extérieur, on dit qu'il *assimile*; il *désassimile*, quand, dans le milieu extérieur, il rejette une partie de sa substance.

Anticipant sur les notions que nous devons acquérir par la suite, faisons remarquer, dès à présent, qu'au premier rang des matières éliminées par l'être vivant, il faut placer l'acide carbonique dégagé par la *respiration*. L'être vivant, quel qu'il soit, respire; en tous temps et dans tous ses organes, il absorbe l'oxygène de l'air qu'il fixe sur du carbone emprunté à sa propre substance pour produire de l'acide carbonique; c'est une

combustion lente, une source d'énergie par conséquent, énergie que l'être vivant utilise pour accomplir les fonctions multiples dont il est le siège et pour produire de la chaleur, du travail mécanique, de la lumière, etc. (*fig.* 1).

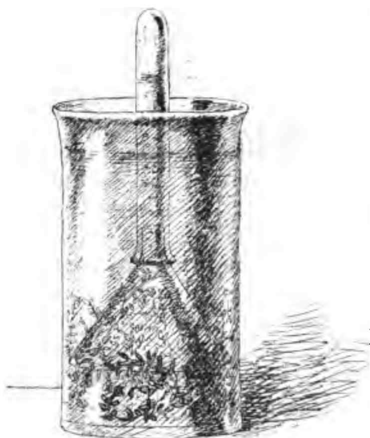


Fig. 1. — Respiration d'une plante aquatique.

Plongée dans l'eau, elle dégage de l'acide carbonique à l'obscurité.

Reproduction. — La nutrition assure la conservation de l'être vivant, la reproduction assure la conservation de l'espèce dont il ne représente qu'un individu; arrivé à un certain degré de développement, il est capable de se reproduire, c'est-à-dire de donner naissance à des êtres nouveaux semblables à lui-même.

C'est un des plus beaux titres de gloire de Pasteur, d'avoir démontré qu'il n'y a pas de génération spontanée; l'être vivant, si simple qu'en soit l'organisation, procède invariablement d'un *parent* qui s'est développé avant lui.

Au contraire, le corps brut peut être fabriqué de toutes pièces; il naît de l'union de deux ou plusieurs substances qui, par leur nature, diffèrent essentiellement de la sienne. Ces substances se combinent en raison des affinités chimiques dont elles sont douées. Le sel de cuisine, par exemple, se formera chaque fois que deux substances particulières, le chlore et le sodium, auxquelles il ne ressemble en rien, viendront à se combiner, et, pour que cette combinaison ait lieu, la présence d'un

corps semblable à celui qui prend naissance n'est nullement nécessaire.

Caractères des végétaux. — Organisation, nutrition, reproduction, tels sont les caractères principaux qui distinguent les êtres organisés des corps bruts; mais ces caractères appartiennent au règne animal comme au règne végétal; il nous faut indiquer à présent ce qui sépare la plante de l'animal.

On définit souvent un animal : un être qui se nourrit, se reproduit et qui est doué de mouvements volontaires. Le végétal se nourrit et se reproduit aussi bien que l'animal, mais il est privé de mouvement et de sensibilité.

Cette définition nous satisfait lorsque nous nous en tenons à une observation superficielle. Le chêne vit et meurt où le gland a germé; frappons-le violemment, ou bien, sur un organe délicat, versons une goutte d'acide ou de toute autre substance caustique : aucun mouvement ne trahit la souffrance que le chêne peut éprouver; nous ne remarquons rien nous autorisant à penser qu'il ait été impressionné; la plante ne réagissant pas sous l'influence de l'excitation extérieure, on est porté à croire que la *sensibilité* et le *mouvement* qui en est la manifestation, soient réellement le privilège des animaux. Ne nous hâtons pas de conclure, car l'œil nu est un instrument d'observation bien imparfait. Dans un des organes les plus vivants du chêne, dans une jeune feuille, ou mieux encore dans un jeune gland qui commence à se former, nous allons, à l'aide d'un excellent rasoir, préparer une coupe extrêmement mince, d'un centième de millimètre par exemple. Cette coupe, nous l'observerons directement à l'aide du microscope dans une goutte d'eau, de glycérine diluée, ou bien après l'avoir préalablement soumise à un traitement spécial qui en fasse mieux ressortir les détails de structure.

Nous remarquons immédiatement dans notre préparation, cependant si réduite, d'innombrables cloisons qui la subdivisent en une foule de logettes microscopiques : on les appelle des *cellules*.

Mouvement et sensibilité. — En examinant une cellule en particulier, avec un grossissement suffisant, de 500 diamètres par exemple, ce qui fait 500 × 500 = 250 000 en surface, nous verrons une matière que nous apprendrons plus tard à connaître sous le nom de *protoplasma*, se déplacer lentement. Soumettons à présent cette cellule aux influences que nous avons fait agir précédemment, à l'action de la lumière, de la chaleur, d'un acide : nous verrons cette fois le protoplasma réagir ; il montrera qu'il est sensible, en accélérant ou en retardant son mouvement ; le chloroforme suspendra chez lui la faculté de se mouvoir, il l'endormira, il l'*anesthésiera*, comme on dit plus exactement.



Fig. 2. — Poil urticant de l'ortie.

Les flèches indiquent la direction des mouvements du protoplasma.

Les granulations que renferme le protoplasma, permettent de se rendre compte de la direction des courants qui s'y produisent. La figure 2 nous montre un poil d'ortie dans lequel les mouvements du protoplasma sont faciles à étudier. On a pu en mesurer la vitesse dans certaines cellules : dans la courge, elle est de $0^{mm},6$ par minute, de $0^{mm},7$ dans la jusquiame.

Examinons parallèlement une coupe faite dans un tissu vivant d'un animal : nous y retrouverons la même substance fondamentale, le protoplasma, mobile, sensible aux influences extérieures, traduisant sa sensibilité par des mouvements, en un mot ne se comportant pas autrement que le protoplasma végétal.

Ainsi, la motilité, la sensibilité sont deux propriétés essentielles du protoplasma quelle qu'en soit

l'origine, qu'il soit de nature végétale ou animale.

Mais comment expliquer que le contenu de chaque cellule vivante du chêne prise en particulier, étant doué de sensibilité et de motilité, ces propriétés ne se manifestent plus dans l'arbre entier ? C'est d'abord parce que le protoplasma de chaque cellule se trouve emprisonné dans une enveloppe plus ou moins rigide, véritable cuirasse qui le rend à peu près indépendant du protoplasma des cellules voisines.

Dans ces conditions, il est difficile que le mouvement se transmette d'une cellule à l'autre ; notons, d'autre part, que la plante ne possède pas de *système nerveux* établissant entre les divers éléments anatomiques des relations rapides et permanentes, et coordonnant tous les mouvements.

*
* *

Des organes végétaux tout entiers exécutent des mouvements ayant pour origine des causes extérieures. Au moindre souffle, sous le moindre choc, la



Fig. 3. — Feuille sommeillante de sensitive.

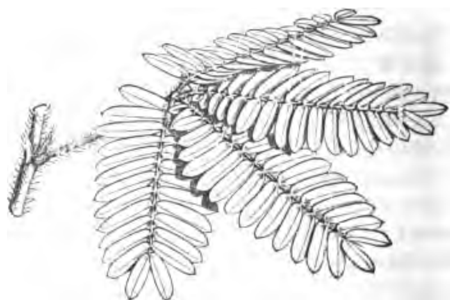


Fig. 4. — Feuille de sensitive à l'état de veille.

sensitive replie ses feuilles (*fig.* 3) et les abaisse vers le sol; elles se redressent peu à peu, reprennent la position

indiquée par la figure 4, quand l'excitation qui a provoqué ces mouvements, cesse de se faire sentir.

Placée sous une cloche avec une petite éponge imbibée de chloroforme (*fig.* 5), la plante perd sa sensibilité au bout d'une demi-heure environ;



Fig. 5. — Sensitive dans une atmosphère chloroformée. C, éponge imbibée de chloroforme.

les feuilles ne se ferment plus quand on vient à les toucher; elles réagissent ensuite quand on transporte la plante dans une atmosphère exempte de vapeurs de chloroforme.

En définitive, la sensitive se comporte comme le malade que le chirurgien anesthésie avant de le soumettre à une opération longue et douloureuse.

Chacun sait que le port de beaucoup de plantes n'est pas le même aux différents moments de la journée (*fig.* 6 et 7). Pendant la nuit, les feuilles et les fleurs se replient, les tiges se recourbent et s'inclinent, semblent

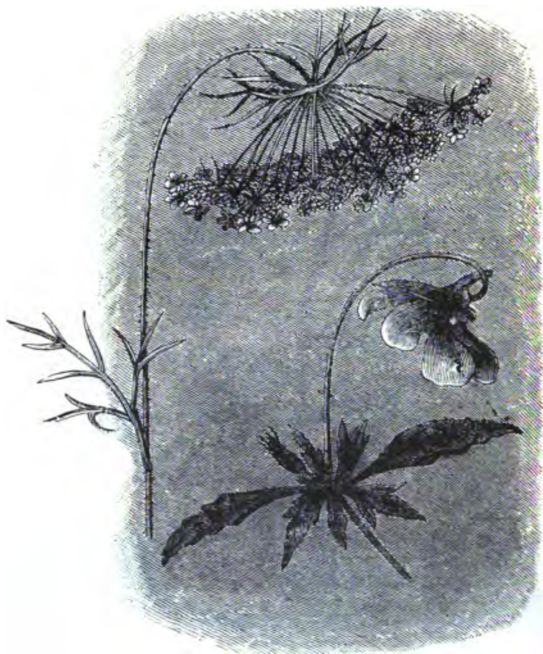


Fig. 6. — La carotte et la violette pendant la nuit.

céder à la fatigue, ce qui a fait dire que les plantes *sommeillent*.

Ce phénomène est particulièrement marqué chez les plantes de la famille des légumineuses, trèfles, luzernes, vesces, etc.

Dans le trèfle des prés, par exemple, les deux folioles latérales se relèvent et s'appliquent l'une sur l'autre, la

foliole terminale s'abaisse ensuite sur celles-ci en formant une sorte de toit protecteur ; ces mouvements paraissent avoir pour but de protéger la plante contre la fraîcheur de la nuit en diminuant la surface exposée à l'air. Darwin a démontré que les feuilles étalées sont plus

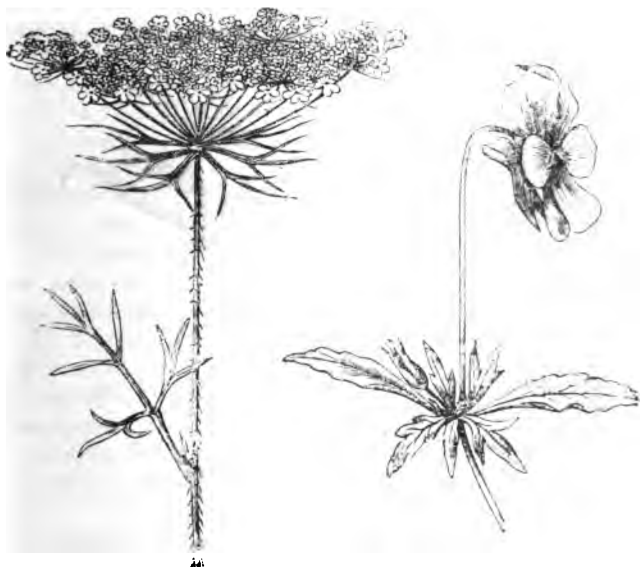


Fig. 7. — La carotte et la violette pendant le jour.

froides que les feuilles voisines sommeillant les unes sur les autres. Il en résulte que les premières se couvrent parfois de rosée, alors qu'elle fait défaut sur les autres.

On a comparé quelquefois le sommeil des plantes à celui des animaux. Il s'agit d'une hypothèse ne reposant sur aucune observation rigoureuse.

Toute une classe de plantes très curieuses, les plantes carnivores (*fig.* 8), nous rend témoins de mouvements

exécutés en vue de capturer les petits animaux dont elles se nourrissent.

En définitive, les réactions des végétaux aux excitants extérieurs rappellent celles qui se produisent chez les animaux placés dans les mêmes conditions.

Le mouvement et la sensibilité ne sont donc pas le privilège exclusif du règne animal. Remarquons toutefois, que chez le végétal, les mouvements sont très

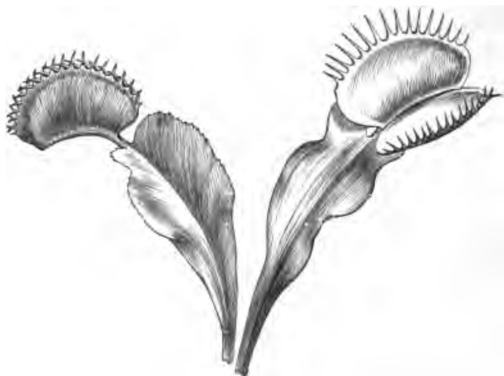


Fig. 8. — Deux feuilles de gobe-mouches.
L'une ouverte, l'autre refermée sur sa proie.

limités et toujours à peu près les mêmes, quelle que soit la nature des excitants auxquels on le soumette. Le végétal nous apparaît comme une sorte d'automate, dans lequel ne se révèle aucun rudiment de volonté, qui, chez l'animal, provoque des mouvements variés, lorsqu'on fait agir sur lui un même excitant.

Cellulose. — Pour M. Ed. Perrier, il n'y a pas d'organisme de nature incontestablement végétale, dont le protoplasme ne soit, à un moment donné, enveloppé de cellulose (voy. p. 47) ; il n'y a pas de cellule incontestablement animale, dont le protoplasme soit entouré d'une membrane cellulosique.

Dans l'état actuel de nos connaissances, nous pouvons

faire de la présence ou de l'absence de la cellulose, le critérium qui nous permettra de classer les êtres vivants et de distinguer l'animal du végétal.

Mais avec ce caractère fondamental de la plante, qui, en cas de doute, permet au savant de marquer exactement la place occupée par l'être vivant, il en est de moins absolus, s'appliquant plus spécialement aux végétaux supérieurs intéressant l'agriculture.

1° *L'animal se nourrit de matières organiques. Nos végétaux cultivés se nourrissent de matières minérales.* Avec l'acide carbonique puisé dans l'atmosphère, avec les matières minérales qu'il emprunte au sol, le végétal fabrique du gluten, de l'amidon, du sucre, de la graisse, etc.

2° *L'animal détruit de la matière organique, le végétal en crée;* autrement dit, *chez le végétal, l'assimilation l'emporte sur la désassimilation.*

Un bœuf de 500 kilos, en pleine croissance, consomme environ 15 kilos de matière sèche par jour : son poids augmente à peine de 1 kilo. 14 kilos sur 15 représentent les déchets de fabrication de la machine animale.

Une forte récolte de blé fournissant 40 hectolitres à l'hectare, soit l'équivalent de 9000 kilos de matière sèche (3000 de grain et 6000 kilos environ de paille), demande au sol à peine 250 kilos de matière minérale ou 3 p. 100 au plus de la masse totale. La matière verte ou *chlorophylle* a emprunté le reste à une source gratuite, l'atmosphère.

3° *L'animal est une machine oxydante, qui vicie l'atmosphère et dégage beaucoup de force vive.*

La plante est une machine de réduction, qui purifie l'atmosphère et accumule de l'énergie.

Les aliments qui, chez l'animal, se retrouvent, comme nous venons de voir, en si grande proportion dans les déchets du travail organique, sont oxydés, brûlés en partie dans l'économie, en donnant naissance principalement à de l'acide carbonique et à de l'eau. Cette

combustion met en liberté beaucoup d'énergie : une partie entretient la température du corps de l'animal, le reste lui permet de se déplacer, de produire du travail mécanique, toutes les forces enfin nécessaires à l'accomplissement du travail physiologique.

La plante reconstruit, opère la synthèse des substances que l'animal a ruinées; dans ses cellules *vertes* et *éclairées*, elle sépare l'oxygène de l'eau, de l'acide carbonique, de l'acide azotique, etc., et combine les résidus de cette décomposition pour en faire du sucre, de l'amidon, de l'huile, du gluten, etc.; une partie seulement de l'oxygène étant fixée dans la plante, le reste retourne à l'atmosphère; le végétal rend par conséquent l'air plus respirable.

Mais pour que ce travail merveilleux de transformation de la matière inerte en matière vivante s'accomplisse, une force est nécessaire : le soleil en est la source.

« La plante est un rayon de soleil condensé », elle en capte la force vive.

Celle-ci réapparaît en totalité, soit dans nos foyers où nous incinérons la plante, soit dans l'économie animale où, nous l'avons dit, la matière organique est également brûlée. Les dépôts de houille résultent de l'utilisation de l'énergie solaire par les plantes de la période carbonifère.

4° *Un animal représente un individu; une plante, une colonie.* On ne saurait faire subir de mutilation profonde à un animal sans danger pour son existence; presque toutes les plantes peuvent se morceler et donner naissance à autant d'individus qui continuent le pied-mère et en possèdent tous les caractères.

5° *La plante subit au maximum l'influence du milieu; elle est plus variable que l'animal.* Le corps de la plante tend à s'étaler en surface le plus possible : la chaleur, la lumière, l'humidité, le sol exercent par conséquent sur elle une influence très marquée; condamnée à vivre où elle a pris naissance, il faut bien, sous peine de disparaître, qu'elle se plie, qu'elle *s'adapte* aux conditions

du milieu extérieur ; l'animal possède au contraire un corps très ramassé, et, doué de la faculté de se déplacer, il peut se soustraire dans une certaine mesure à l'action du milieu, si elle lui est défavorable. Il en résulte que les races végétales sont bien plus malléables, plus nombreuses que les races animales.

L'adaptation des plantes à un nouveau milieu n'est que progressive, de sorte qu'il est presque toujours préjudiciable d'importer des plantes d'une région dans une autre où elles trouvent un sol et un climat différents.

Le tableau suivant résume les caractères distinctifs des végétaux et des animaux (1).

Végétaux.	*Animaux.*
1° Protoplasma produisant de la cellulose au moins temporairement.	Protoplasma ne produisant jamais de cellulose.
2° Protoplasma produisant généralement de la chlorophylle.	Protoplasma ne produisant pas de chlorophylle.
3° Pas de locomotion.	Locomotion volontaire.
4° Sensibilité très obtuse.	Sensibilité beaucoup plus développée.
5° Absorption d'aliments minéraux.	Absorption d'aliments déjà organisés par les végétaux.
6° Prédominance de l'assimilation.	Prédominance de la désassimilation.
7° Accroissement proportionnel à l'âge.	Accroissement rapidement limité.
8° Élimination d'oxygène.	Élimination d'acide carbonique, d'eau, etc.
9° Dégagement faible de force vive (chaleur, phosphorescence, mouvements protoplasmiques).	Dégagement intense de force vive (mouvement, chaleur, lumière, électricité, innervation).
10° Transformation des forces vives en forces de tension ; utilisation des radiations solaires pour effectuer la synthèse des hydrates de carbone, etc.	Transformation des forces de tension en force vive ; utilisation des aliments pour la production des forces vives énumérées ci-dessus.

(1) Voir H. Beaunis, *Nouveaux éléments de physiologie*; L. Gérardin et H. Guède, *Anatomie et physiologie végétales*.

11° Influence du milieu considérable. Grande variabilité.	Influence du milieu moins forte. Variabilité plus faible.
12° Tendance à former des colonies d'individus.	Tendance à l'individualisation.

Relations entre les trois règnes. — Après avoir admis pendant longtemps que la matière des végétaux se formait aux dépens d'aliments de nature organique, on sait aujourd'hui qu'elle n'a point cette origine. En étudiant la plante dans ses rapports avec le milieu extérieur, c'est-à-dire avec le sol, l'atmosphère et la radiation solaire, la science a été amenée à démontrer qu'elle se nourrit au contraire de matières minérales et les transforme en matière vivante, matière servant ensuite à la nourriture des animaux. Ceux-ci n'en assimilent qu'une faible partie, le reste est rejeté dans l'atmosphère, ou bien retourne au sol sous forme de déjections qui se décomposent peu à peu et se résolvent finalement en eau, acide carbonique, cendres, etc.

Le même sort attend l'animal lui-même après sa mort ; la plante sert ainsi d'intermédiaire, de trait d'union entre le règne minéral et le règne animal. La balance nous a appris en outre que dans ces passages successifs du minéral à la plante et de la plante à l'animal, *la matière ne change jamais de poids*.

Une chose invisible, impondérable, qui commande aux transformations de la matière, l'*énergie*, laquelle se révèle à nos sens sous forme de mouvement, de chaleur, de lumière, d'électricité, se conserve aussi intégralement. *Rien ne se perd*, *rien ne se crée*, voilà le principe qui domine la production végétale tout entière.

Les trois règnes de la nature forment une chaîne sans fin, un cercle éternel, où matière et énergie circulent sans cesse, sans jamais se détruire. Aussi, dans la science, les termes création, destruction ne doivent pas être pris dans un sens absolu, ils signifient combinaison, organisation, décomposition.

Nulle part, la solidarité étroite qui unit les trois règnes

de la nature, ne se manifeste avec autant de netteté qu'en agriculture.

Nos espèces végétales reflètent les conditions du milieu où elles se sont développées : les blés à grands rendements, les maïs géants, les variétés de betteraves de taille monstrueuse, ont pris naissance dans les terres fertiles et sous des climats privilégiés ; elles sont le produit du sol et du climat, bien plus que le résultat de l'intervention raisonnée du cultivateur.

Importer ces variétés dans les terres pauvres ou sous des climats extrêmes, c'est aller au-devant d'un échec certain.

Pour obtenir de bonnes récoltes, il est indispensable d'abord de créer aux plantes un milieu favorable où leur activité puisse se manifester dans toute sa plénitude. *Tel milieu, telle plante;* nous pouvons ajouter : *telle plante, tel bétail.* On fait fausse route en essayant d'améliorer la population animale d'une région, aussi longtemps que la production végétale n'est pas assez avancée pour lui fournir des fourrages abondants et substantiels.

Lorsque nous produisons d'excellentes récoltes, nous exportons du sol de grandes quantités de matières fertilisantes. Il faut les lui *restituer*, si nous voulons lui conserver ses qualités. Les espèces très productives (luzerne, maïs, choux fourragers, etc.), les variétés les plus prolifiques (blés et avoines à grands rendements) sont nécessairement très exigeantes, elles ne peuvent réussir et donner la mesure de leur supériorité qu'en terres fertiles et fortement fumées.

*
* *

Définition et divisions de la botanique. — Les sciences qui s'occupent de l'étude des corps de la nature, sont appelées *sciences naturelles* ; la branche des sciences naturelles qui a spécialement pour objet l'étude des plantes, porte le nom de *botanique*.

On divise la botanique en deux parties :

La *botanique générale*, qui étudie les caractères du règne végétal envisagé dans son ensemble ; elle emprunte ses exemples partout où elle les rencontre, sans se préoccuper du groupe auquel les plantes appartiennent.

La botanique spéciale étudie les plantes en particulier; elle les compare et les divise ensuite en classes.

La botanique générale comporte elle-même trois grandes divisions :

1° L'étude de la forme extérieure des plantes ou *morphologie externe* ;

2° L'étude de la forme intérieure, appelée aussi *morphologie interne*, *structure* ou *anatomie* ;

3° L'étude des rapports du végétal avec le monde extérieur et du fonctionnement des organes qui le omp osent. Cette partie de la botanique porte le nom de *physiologie végétale*.

Dans cet ouvrage, nous nous occuperons exclusivement de botanique générale.

La plante représente la *machine* essentielle de l'industrie agricole. Les matières premières qu'elle met en œuvre, sont des matières minérales empruntées au sol et à l'atmosphère ; quand la machine végétale a cessé de fonctionner, elle devient une *marchandise*. Pour la produire avec bénéfice, en obtenir quantité et qualité, il importe au plus haut point de la connaître sous ses différents aspects, de savoir comment elle est construite, et comment elle fonctionne. C'est le seul moyen de la faire travailler économiquement et d'arriver à la perfectionner.

Les grands embranchements du règne végétal. — On estime à 200 000-300 000 environ le nombre des espèces végétales répandues à la surface du globe. Le catalogue n'en est encore que très incomplètement dressé. Chaque jour, les pays en apparence les mieux étudiés, fournissent eux-mêmes de nouvelles découvertes, notamment dans la classe des végétaux inférieurs ; chaque

exploration de régions inconnues révèle au botaniste de nouvelles richesses.

Comment se reconnaître dans cette foule immense de végétaux, si ce n'est par une distribution méthodique tenant compte de leur parenté?

Se fondant principalement sur les caractères morphologiques, les botanistes en ont d'abord formé quatre groupes principaux : 1° les *phanérogames*, 2° les *cryptogames vasculaires*, 3° les *muscinées*, 4° les *thallophytes*.

1° Le terme phanérogames signifie plantes avec organes de fructification apparents ; les plantes phanérogames, que nous désignerons plus simplement du nom de *plantes à fleurs*, sont les plus perfectionnées comme organisation. A l'état adulte, les phanérogames comprennent : un axe central plus ou moins ramifié ; une partie s'enfonce en terre, c'est la *racine*; celle qui se développe dans l'atmosphère forme la *tige* sur laquelle sont fixées des lames vertes appelées *feuilles*.

Dans le corps de la plante, nous distinguons donc trois *membres* : la racine, la tige, les feuilles ; leur ensemble forme ce qu'on appelle l'*appareil végétatif*; l'appareil végétatif porte des feuilles modifiées, ordinairement de couleur vive, qu'on désigne du nom de *fleurs*, lesquelles donneront naissance aux graines et aux fruits. Fleurs, graines et fruits représentent l'*appareil reproducteur* (*fig*. 9).

Les *plantes sans fleurs* ont été appelées *cryptogames*, c'est-à-dire plantes à fructification cachée ; elles comprennent les cryptogames vasculaires, les muscinées et les thallophytes.

2° Les *cryptogames vasculaires* (fougères) (*fig*. 10) sont ainsi appelées, parce que ce sont les seules qui renferment des *vaisseaux*, petits canaux servant à conduire le liquide nourricier, la *sève*. Elles possèdent une tige souterraine de forme cylindrique, des feuilles et des racines.

3° Les *muscinées* (mousses) possèdent une tige et des feuilles, mais elles sont privées de racines ; les filaments

bruns qui en tiennent lieu, sont appelés *rhizoïdes* (*fig.* 11).

4° Chez les cryptogames sans racines autres que les

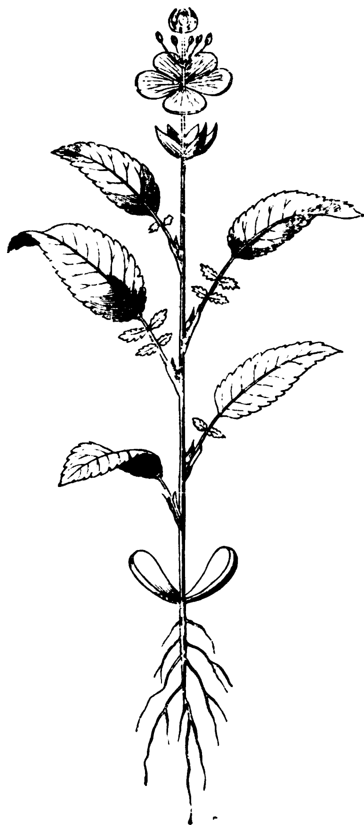


Fig. 9. — Plante théorique phanérogame de Gœthe, présentant successivement en partant de la base : la racine, la tige, deux feuilles séminales ou cotylédons, cinq feuilles normales et enfin la fleur avec ses quatre verticilles étagés (calice, corolle, étamines, pistil).

muscinées, il devient impossible de distinguer une tige et des feuilles. On donne au corps qui tient lieu de ces

deux membres, le nom de *thalle*, et celui de *thallophytes* au troisième embranchement des cryptogames.



Fig. 10. — Port d'une fougère.

Les thallophytes comprennent les *algues*, les *lichens*, les *champignons* et les *bactéries*.

A. Les algues sont des plantes aquatiques pourvues de matière verte ou chlorophylle, grâce à laquelle elles fixent le carbone de l'air.

Certaines algues habitent les eaux douces; elles atteignent de faibles dimensions. Les algues sont surtout

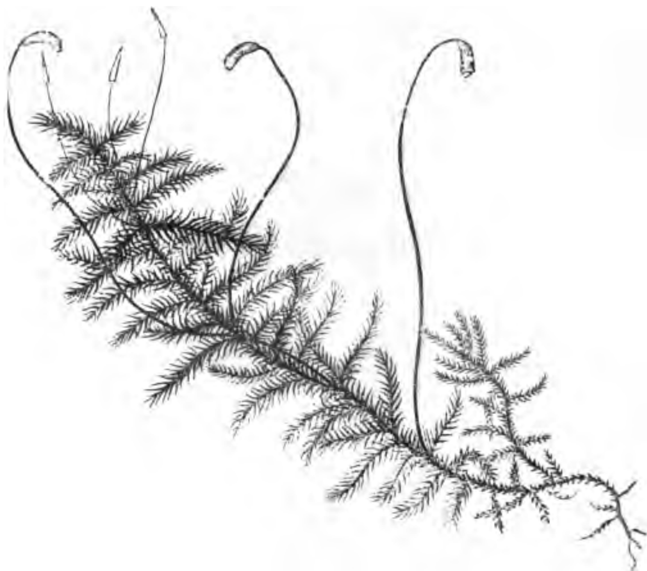


Fig. 11. — Port d'une mousse.

abondantes et très développées dans la mer. Sur les côtes de Bretagne, avec les amendements calcaires, les algues marines employées comme engrais ont transformé la culture de la partie du littoral que sa fertilité a fait désigner du nom de ceinture dorée (*fig.* 12).

B. Les lichens sont des végétaux qui poussent dans les endroits secs, sur les roches, les murs, les écorces d'arbres. Tantôt, ils se présentent sous la forme de masses gélatineuses (*fig.* 12 *bis*) ou de lames sèches d'apparences très diverses. Les lichens très résistants à la

sécheresse, jouent un rôle important dans la désagrégation des roches, et par conséquent dans la formation de la terre végétale. Un lichen n'est pas un végétal autonome : il résulte de l'association d'une algue et d'un champignon qui se rendent de mutuels services ;

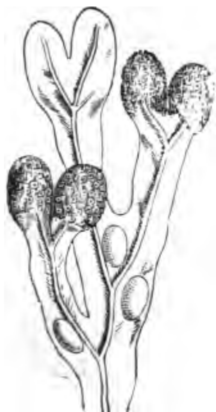


Fig. 12. — Extrémité d'une algue marine (*Fucus vesiculosus*).



Fig. 12 *bis*. — Lichen de grandeur naturelle.

l'algue verte fabrique des matières hydrocarbonées (amidon, etc.), et le champignon fournit surtout les aliments albuminoïdes. On a donné le nom de *symbiose* à ce mode d'association avec bénéfice réciproque. Dans la figure 13, le champignon est représenté par de longs filaments cloisonnés ; les mailles du réseau constitué par ces filaments, sont occupées par les cellules d'une algue, cellules vertes de forme arrondie, isolées ou réunies en chapelets.

C. Les champignons (*fig.* 14) sont dépourvus de matière verte, ce qui les oblige à vivre en parasites sur les plantes vivantes ou sur des matières organiques en décomposition.

D. Les bactéries sont des végétaux extrêmement petits, dépourvus de chlorophylle (*fig.* 15). Ils changent de forme avec une grande facilité.

Les caractères essentiels des quatre embranchements sont résumés dans le tableau suivant.

I. — Plantes vasculaires.

	Exemples.
1° Phanérogames : *Tige. — Feuilles. — Racines*....................................	Blé.
2° Cryptogames a racines : *Tige. — Feuilles. — Racines*............................	Fougère.

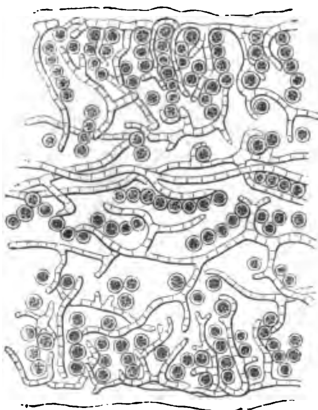


Fig. 13. — Coupe transversale d'un lichen (*Collema pulposum*) (gross. 450).



Fig 14. — Agaric comestible.

II. — Plantes cellulaires.

3° Muscinées (Cryptogames sans racines) : *Tige. — Feuille*......................	Mousse.
4° Thallophytes (Cryptogames sans racines) : *Thalle*..............................	Algues, lichens, champignons, bactéries.

Les *phanérogames* ou *plantes à fleurs*, les plus intéressantes pour le cultivateur, sont les seules dont nous nous occuperons ici.

Plan de l'ouvrage. — Le présent ouvrage comprend deux grandes divisions :

La première est consacrée à la cellule végétale, aux tissus et aux appareils.

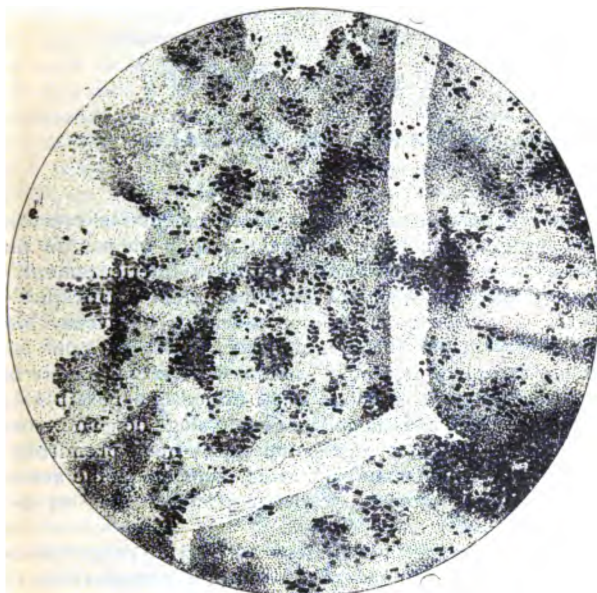


Fig. 15. — Ferment nitrique.

L'organisation et le développement des phanérogames font l'objet de la seconde partie, où nous étudions successivement :

1° Les semences et la germination.
2° La racine.
3° La tige.
4° La feuille.
5° La fleur et le fruit.
6° L'amélioration des espèces végétales.



CHAPITRE PREMIER

LA CELLULE VÉGÉTALE

Nous venons d'étudier très sommairement les caractères extérieurs des plantes en général ; faisons un pas de plus ; voyons comment elles sont construites intérieurement, et comment elles fonctionnent et parviennent à fabriquer les produits si variés pour lesquels nous les cultivons. Notre tâche devient à présent plus délicate, car il faut nous aider d'un microscope et de réactifs nombreux. Avec un rasoir bien tranchant, faisons une coupe aussi mince que possible dans une plante. Mais, comme celle-ci est le siège de changements incessants, qu'elle *évolue* constamment, nous prendrons la précaution de choisir une partie très jeune en pleine activité, par exemple le sommet végétatif d'une racine ou d'une tige (*fig.* 47).

Ce qui nous frappe immédiatement, c'est de découvrir dans notre préparation, cependant si réduite, d'innombrables cloisons qui la subdivisent en une foule de petites logettes microscopiques qu'on a désignées du nom de *cellules*.

Tous les êtres vivants sont composés de cellules ou d'éléments dérivés de celles-ci. « Une citrouille, un chêne, par exemple, ne sont que la forme visible réalisée par l'agglomération de millions de millions de cellules invisibles, mais qui sont les *unités vivantes* de l'ensemble volumineux qu'elles forment. » (Duclaux.)

On devine toute l'importance de cette notion. A l'étude compliquée d'un animal, d'un végétal, les savants cherchent à substituer l'étude des éléments qui les composent. On sent parfaitement que les propriétés de l'ensemble nous seraient bien mieux connues, si nous savions les propriétés individuelles des cellules. L'étude sommaire de ces propriétés va d'abord retenir notre attention.

MORPHOLOGIE ; PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES DE LA CELLULE

Dimensions des cellules. — La figure 16 représente un groupe de cellules, grossies 500 fois en diamètre, dont la surface par conséquent est 500 × 500 = 250 000 fois plus grande que celle de la cellule naturelle !

Il en existe de beaucoup plus petites.

Diverses parties de la cellule. — Malgré des dimensions aussi faibles, la cellule est un organisme extrêmement compliqué, un « petit monde » que nous apprenons péniblement à connaître, en nous servant des microscopes les plus puissants et des réactifs les plus variés. Une cellule se compose essentiellement de trois parties (*fig.* 16) ;

A. D'une matière appelée *protoplasma* ;

B. D'un corps sphérique englobé dans le protoplasma, désigné sous le nom de *noyau* ;

C. D'une enveloppe embrassant le protoplasma et le noyau, c'est la *membrane cellulaire.*

On a dit du protoplasma qu'il est le « support de la vie ». Avec le noyau, il représente l'âme de la cellule ; la membrane cellulaire qui en dérive, n'en est que le squelette.

Une cellule végétale ne comprend pas nécessairement ces trois parties : sur les vieilles écorces ou sur les feuilles mortes en décomposition, on trouve souvent, à l'automne, une matière jaunâtre gluante connue sous le nom de « fleur de tan ».

Cet organisme, qui a fait l'objet de nombreuses études, à cause de sa simplicité de structure, résulte de l'association de cellules dépourvues de membranes, réduites au protoplasma et au noyau ; il s'agit bien d'une plante, car, à un âge plus avancé, il se recouvre d'une enveloppe de cellulose, substance qui caractérise, avons-nous vu, la nature végétale d'un être vivant.

Dans une plante âgée, on trouve fréquemment des cellules dans lesquelles le protoplasma et le noyau ont disparu ; ces cellules alors ont cessé de vivre : c'est le cas du liège, des éléments les plus résistants du bois, etc.

A. PROTOPLASMA.

Quand on broie entre les doigts une écaille d'un bulbe de jacinthe, il s'en écoule une matière transparente, visqueuse, insoluble dans l'eau, dont l'apparence rappelle

celle du blanc d'œuf : c'est du protoplasma. Examiné au microscope, on constate qu'il n'est pas appliqué directement sur la membrane cellulaire : une seconde enveloppe, beaucoup plus mince que la précédente, l'en sépare. Dans la masse, on découvre une foule de granulations (*microsomes*) ; les plus grosses possèdent une existence spéciale. On les appelle des *leucites* (du grec *leucos*, blanc), parce que leur substance fondamentale est incolore. Les uns restent incolores, tels sont ceux qu'on désigne du nom d'*amyloleucites*, à cause du rôle qu'ils jouent dans la production de l'amidon ; d'autres sont imprégnés de couleurs diverses, on les appelle *chromoleucites*. Lorsque la cellule est très jeune, le protoplasma la remplit complètement (*fig.* 16). Quand la cellule grandit, il se creuse de cavités de plus en plus grandes, remplies de liquide (*fig.* 17).

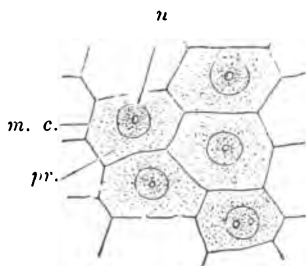


Fig. 16. — Cellules très jeunes.

pr. protoplasma ; *n.* noyau ; *m. c.* membrane cellulaire.

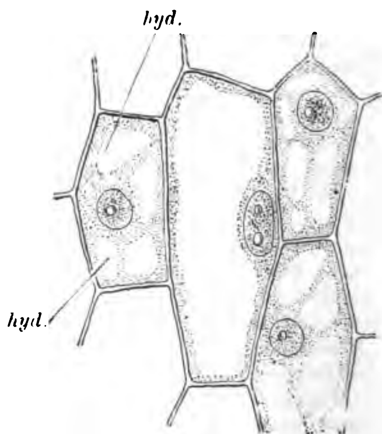


Fig. 17. — Cellules à divers états de développement.

Celle du centre est la plus ancienne. — *hyd.* hydroleucites.

Plus tard, le noyau est rejeté avec le protoplasma sur la paroi de la membrane. Quand le protoplasma disparaît, la cellule a cessé de vivre.

Composition chimique. — C'est du protoplasma que procèdent toutes les parties du végétal ; on comprend qu'il ne possède pas une composition chimique définie ; une foule de

substances entrent dans sa composition, laquelle varie d'ailleurs à chaque instant, par suite des échanges incessants dont il est le siège. Dans ce mélange complexe, on trouve principalement des substances albuminoïdes ; aussi, appelle-t-on quelquefois le protoplasma de l' « albumine vivante ». On sait que l'albumine est une matière quaternaire (composée des quatre éléments, carbone, oxygène, hydrogène, azote) associée à une petite quantité de phosphore et de soufre. Traité par l'iode, le protoplasma se colore en jaune ; c'est la réaction caractéristique des matières azotées.

Bornons-nous, pour le moment, à noter, dans le protoplasma, la présence constante de trois corps qui jouent un

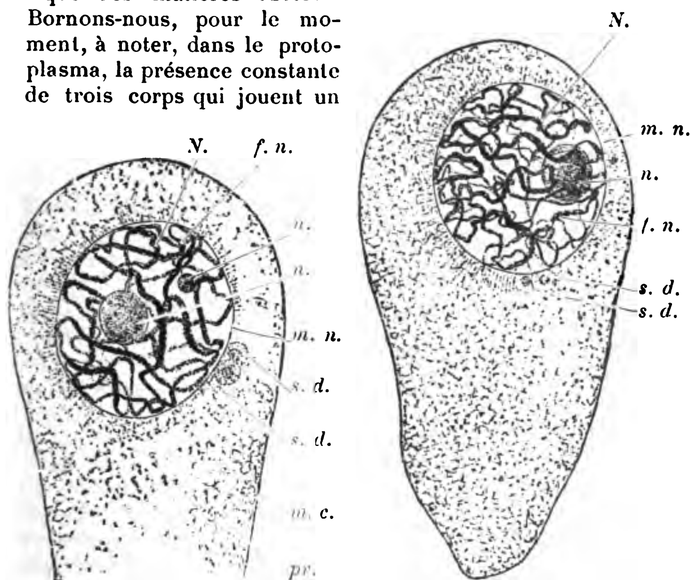


Fig. 18 et 19. — Cellules d'un sac embryonnaire de *Lilium martagon* (d'après L. Guignard).

m. c. membrane cellulaire ; *pr.* protoplasma ; N. noyau ; *m. n.* membrane nucléaire ; *n.* nucléole ; *f. n.* filament nucléaire ; *s. d.* sphère directrice.

rôle prépondérant dans la production végétale, l'*azote*, le *phosphore*, le *soufre*. Dans ses cendres, on rencontre en outre toutes les matières fixes qui existent dans les cendres d'un végétal entier.

B. Noyau.

Le noyau est une cellule arrondie logée dans une cellule plus grande, possédant essentiellement (*fig.* 18 et 19) :

1° Une membrane propre, la *membrane nucléaire* (*m. n.*);

2° Une substance demi-fluide, rappelant le protoplasma par son aspect et ses propriétés, c'est le *suc nucléaire*;

3° Un long cordon contourné sur lui-même un grand nombre de fois, et occupant la cavité cellulaire presque tout entière; c'est le *filament nucléaire* (*f. n.*);

4° Un ou plusieurs corpuscules d'un diamètre supérieur à celui du filament nucléaire; on les connaît sous le nom de *nucléoles* (*n.*);

5° Comme dépendance du noyau, quoique placées en dehors, mais tout près de celui-ci, il faut signaler deux petites sphères appelées *sphères directrices* (*s. d.*), voisines l'une de l'autre dans la cellule à l'état de repos, sphères jouant un rôle dans la multiplication des cellules.

Composition chimique du noyau. — Comme le protoplasma, il est formé à peu près complètement par des matières azotées, au premier rang desquelles il faut placer une substance appelée *nucléine*, substance plus riche encore en *phosphore* que le protoplasma. *Azote* et *phosphore* sont deux corps que nous trouverons sans cesse associés et en proportion d'autant plus grande que la matière où on les rencontre se montre plus vivante; ces corps jouent dans la production végétale un rôle prépondérant.

CONTENU DES CELLULES

Dans de très jeunes cellules, le protoplasma et le noyau en forment entièrement le contenu, mais bientôt, la masse du protoplasma devient plus lâche et se creuse de cavités pour faire place à des produits qu'il a fabriqués.

Ces enclaves sont de nature et d'aspects très variés, les unes solides, les autres liquides.

Les matières solubles sont renfermées en grande partie dans des sortes de vessies (*fig.* 17), possédant une enveloppe propre, analogue à celle qui tapisse la membrane cellulaire et embrasse le protoplasma. Comme les leucites, elles possèdent une existence spéciale. La grande richesse en eau de leur contenu les a fait appeler *hydroleucites*; plus ordinairement, on les nomme des *vacuoles*.

Tandis que le protoplasma possède une réaction *alcaline*, le *suc cellulaire* des hydroleucites rougit le papier bleu de tournesol : il est *acide*. C'est grâce à cette acidité que la plante peut dissoudre certaines matières insolubles dans l'eau et les faire servir à son alimentation.

Dans les substances fabriquées par le protoplasma, on peut distinguer : 1° les *produits de réserve*, que la cellule consomme elle-même, ou qui profitent au reste de la plante ; les *déchets* du travail organique ou *produits de désassimilation*.

Au contraire de ce qui se passe dans la cellule animale, les déchets du travail organique sont très peu importants ; la cellule végétale emmagasine la plus grande partie de ces substances au lieu de les éliminer ; et parfois même — c'est le cas de l'acide carbonique provenant de la respiration — les déchets produits sur un point sont utilisés dans une autre partie du végétal.

Les matières renfermées dans la cellule sont extrêmement nombreuses ; nous signalerons seulement les plus intéressantes.

Nous les classerons d'après leur composition chimique, et nous distinguerons :

1° Les matières organiques quaternaires, ternaires, binaires ;
2° Les matières minérales.

PRODUITS QUATERNAIRES OU AZOTÉS

Ils renferment dans leur molécule au moins quatre éléments (carbone, hydrogène, carbone, azote) ; de là leur nom.

La présence de l'azote les différencie de tous les autres produits cellulaires.

Dans ce groupe, nous ferons rentrer les leucites colorés ou *chromoleucites* dont nous avons déjà noté l'existence (page 26) ; nous signalerons, en outre, l'*aleurone*, les *albuminoïdes dissous*, les *diastases*, les *amides* et les *alcaloïdes*.

Chromoleucites. — Ils sont de deux sortes : 1° les leucites verts imprégnés par la matière verte ou *chlorophylle* (chloroleucites) ; 2° les leucites imprégnés par d'autres matières colorantes.

Chlorophylle. — Elle existe seulement dans les parties du végétal soumises à la lumière ; c'est grâce à la chlorophylle que les plantes peuvent décomposer l'acide carbonique et

transformer les aliments de nature minérale en matière vivante.

La chlorophylle apparaît de la manière suivante : le protoplasma se condense partiellement en granulations incolores ; peu à peu, ces corpuscules prennent une teinte verte ; ils restent plongés dans le protoplasma et vivent aussi longtemps que lui (*fig.* 20).

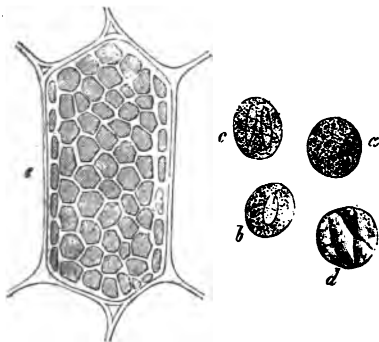


Fig. 20. — Cellule remplie de grains de chlorophylle appliqués contre les parois.

a, *b*, *c*, *d*, Grains isolés renfermant des grains d'amidon de grosseurs diverses.

Quand on traite successivement des feuilles vertes par de l'alcool et de la benzine, on obtient un liquide coloré qui, au repos, se divise en deux couches ; la benzine, plus légère, surnage : elle est colorée en vert ; l'alcool possède une couleur jaune d'or.

La chlorophylle n'est donc pas une matière colorante simple. La matière jaune se développe seule à l'abri de la lumière ; c'est elle qu'on rencontre dans les plantes étiolées (chicorée, barbe de capucin, cardon, etc.) ; *la matière verte a besoin de lumière pour prendre naissance ;* ce sont les rayons jaunes du spectre qui sont les plus favorables à l'apparition de la chlorophylle. Baignés dans le protoplasma, les grains de chlorophylle voyagent avec lui (*fig.* 21) et surtout sous l'influence de la lumière.

On sait que les feuilles vertes deviennent rouges ou brunes sous l'influence de l'hiver ; la chlorophylle s'est altérée ; pendant les printemps froids, les épis de seigle et d'orge rougissent fortement ; les barbes, qui se refroidissent plus rapidement que le reste de l'épi, sont les parties où la teinte rouge est la plus vive.

Faute de fer, la chlorophylle se décolore, et la plante chlorotique meurt d'inanition. On en a conclu que la chlorophylle, comme le sang des animaux auquel on l'a quelquefois comparée, devait renfermer du fer. L'analyse de la chlorophylle

cristallisée, pure par conséquent, n'en décèle pas la moindre trace ; par contre, il en existe dans le granule de protoplasma qui lui sert de support, de sorte qu'en définitive, le fer est un aliment essentiel de la cellule.

Le granule chlorophyllien est un véritable laboratoire. Dans la nature, il joue un rôle d'une importance capitale, puisque c'est à lui qu'incombe la mission de fabriquer de la matière

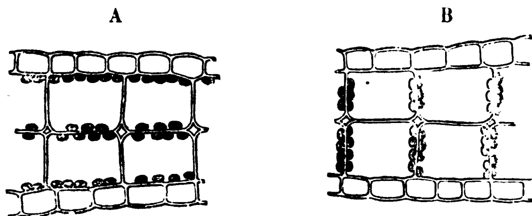


Fig. 21. — Diverses positions des grains de chlorophylle dans *Lemna trisulca*.

A. Exposés à une lumière modérée ils lui font face. B. Frappées par une lumière trop vive, ils s'appliquent sur les parois latérales des cellules.

vivante. Dans un autre chapitre, nous en étudierons les propriétés vitales.

Matières colorantes autres que la chlorophylle. — La membrane cellulaire, sauf quelques exceptions (bois de campêche), reste incolore. Les pigments qui teintent les végétaux, s'observent généralement à l'intérieur des cellules et sous deux états : les uns, en solution dans le suc cellulaire; les autres, insolubles, imprègnent les leucites que nous avons appelés *chromoleucites*, ou se rencontrent à l'état de cristaux (*fig.* 22 et 23).

1° Les pigments solubles sont ordinairement roses, rouges, violets ou bleus : tels sont ceux des fleurs de la violette et de la dauphinelle. Ces différentes nuances paraissent dériver d'un même type, le bleu de tournesol qui rougit, comme on sait, sous l'action des acides, et repasse au bleu sous l'influence d'un alcali.

La plupart des fleurs bleues rougissent sous l'influence d'un acide (1); un alcali les fait verdir, parce que de la matière

(1) J. Chalon, *Botanique*, 1884.

colorante jaune se forme, et en s'unissant au bleu, elle donne naissance à du vert.

Les hortensias fournissent des fleurs bleues dans un sol alcalin.

La couleur bleue est une couleur très délicate qui se modifie souvent avec l'âge, et s'altère facilement quand on conserve les plantes en herbier; ainsi, les fleurs de la luzerne commune passent assez souvent du bleu au violet et au mauve; la plu-

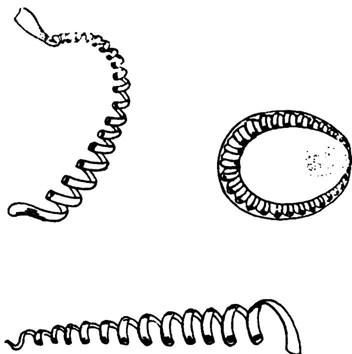


Fig. 22. — Chromoleucites de la courge jaune (d'après Hérail).



Fig. 23. — Chromoleucites du fruit du rosier (d'après Courchet).

part des espèces bleues possèdent des variétés rouges et blanches (ancolie, polygala, etc.), ce qui arrive rarement avec les fleurs jaunes; ce sont celles avec lesquelles les horticulteurs obtiennent des nouveautés avec le plus de facilité.

2° Les matières colorantes insolubles qui imprègnent les chromoleucites sont jaunes ou rouges; on trouve également toutes les nuances intermédiaires entre ces couleurs.

Les pigments de cette catégorie traités par l'iode, prennent une couleur verte : ils sont constitués par une seule et même matière colorante, abondante dans la carotte, ce qui lui a fait donner le nom de *carottine*. Dans la racine de carotte, cette matière se trouve à l'état de cristaux purs, et n'est plus supportée par une matière protoplasmique.

Le jaune est la couleur la plus répandue; il n'y a presque pas de cellule qui n'en renferme au moins en petite quantité; elle est généralement peu altérable. Il faut distinguer le pigment jaune soluble (dalhia) de celui qui se présente sous forme de

granules insolubles; les alcalis, avons-nous vu, rendent le premier plus apparent; l'acide sulfurique le colore en brun ou en rouge, tandis qu'il fait virer au bleu le pigment jaune insoluble.

Presque toutes les fleurs que nous considérons comme blanches sont teintées de jaune, de rose, de bleu; on peut s'en assurer en les plaçant sur une feuille blanche.

La couleur blanche résulte ou de la présence d'un suc cellulaire incolore, ou d'une couche d'air interposée entre les cellules superficielles et les cellules plus profondes. L'air joue le rôle de miroir et donne à la surface un aspect argenté comme cela s'observe sur les feuilles de certains bégonias : cette couleur disparaît rapidement quand on place ces feuilles sous la cloche d'une machine pneumatique; un lys blanc plongé dans l'eau, devient peu à peu translucide, à mesure que l'eau prend la place de l'air.

Les taches blanches qu'on observe sur les feuilles dites *panachées*, sont souvent dues à un état maladif qui a altéré la chlorophylle; les plantes à feuilles panachées ne portent pas de fleurs doubles, la duplication étant la conséquence d'une grande vigueur.

La couleur noire n'existe pas chez les plantes; celle qu'on prend comme telle, est du bleu ou du rouge foncé. Le brun provient généralement de la superposition du rouge et du vert (hêtre à feuilles pourpres); nécessairement, la couleur superficielle doit être soluble : elle joue alors le rôle de ces couches transparentes que les peintres désignent du nom de glacis.

La velouté de certaines fleurs provient du jeu de la lumière sur l'épiderme qui, au lieu de rester lisse, se recouvre de petits mamelons emprisonnant de l'air dans les intervalles qu'ils laissent entre eux (*fig.* 24). A la Station d'essais de semences, M. Etienne a créé par sélection une variété de vesce commune caractérisée par des semences d'un bleu velouté, qui doivent également leur apparence à la présence de papilles superficielles.



Fig. 24. — Épiderme de pétale de pensée.

Les horticulteurs s'ingénient à faire apparaître ou à modifier par des croisements telle ou telle couleur dans les fleurs qu'ils cultivent. Ces couleurs n'étant pas simples, il faudrait, à l'aide d'un prisme, les décomposer en leurs couleurs élémentaires,

afin de prévoir quel résultat on peut espérer de leur association.

Nous avons vu que les couleurs se modifient diversement sous l'influence de substances chimiques; on change quelquefois les nuances des fleurs coupées en plongeant les queues dans des teintures appropriées, aussitôt qu'elles sont détachées de la plante.

Aleurone. — L'aleurone est particulière aux graines; elle en représente la réserve azotée la plus précieuse; les graines des céréales, des légumineuses, des plantes oléagineuses sont particulièrement riches, ce qui leur donne une grande valeur pour l'alimentation de l'homme ou des animaux. L'aleurone se forme au sein du protoplasma et présente les réactions du protoplasma mort; formée de petits grains appelés *grains d'aleurone*, sa structure varie d'une plante à l'autre.

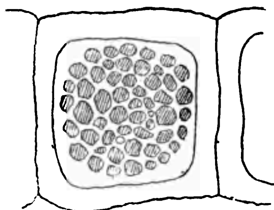


Fig. 25. — Cellule à aleurone du blé.

L'aleurone des céréales, plus connue sous le nom de *gluten*, se compose d'une masse spongieuse homogène (*fig.* 25). Dans le tubercule de pomme de terre, la matière azotée (*fig.* 26) est représentée par des corpuscules ayant l'apparence de cristaux, ce qui leur a fait donner le nom de *cristalloïdes*.

Un grain d'aleurone peut comporter :

1° Une substance fondamentale recouverte d'une enveloppe;

2° Un cristalloïde de nature azotée;

3° Un corpuscule arrondi ou *globoïde* formé de saccharo ou de glycérophosphate de chaux et de magnésie (*fig.* 27).

L'aleurone des céréales ou *gluten* est pour nous la plus intéressante. Dans une coupe transversale d'un grain de blé, on trouve au-dessous de l'écorce une assise de cellules régulières bourrées d'aleurone, ce qui lui a valu le nom de *couche à aleurone* (*fig.* 28); dans l'orge, celle-ci forme une triple enceinte autour de l'amande. La couche à aleurone reste adhérente à l'écorce quand on broie le grain : le son lui doit en grande partie ses propriétés alimentaires; le reste est formé de cellules mortes, vides, composées de cellulose. Dans les cellules plus profondes, le gluten ne représente plus qu'une faible partie du contenu cellulaire composé surtout de grains d'amidon.

La teneur du grain en gluten va progressivement diminuant

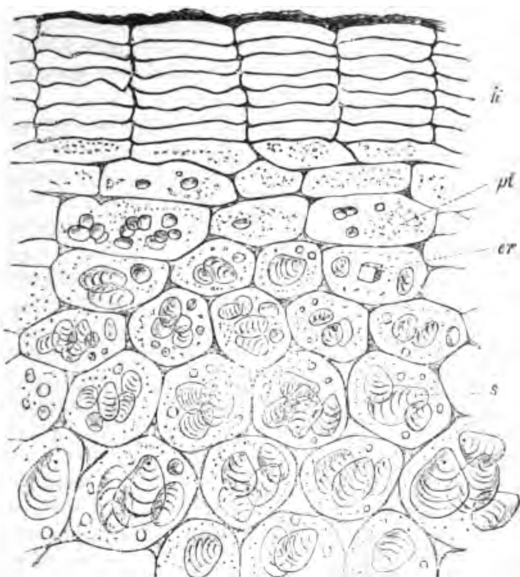


Fig. 26. — Coupe de la partie périphérique d'un tubercule de pomme de terre (Tschirch).

k, suber ou liège; *pl*, cellules vivantes avec de petits grains d'amidon; *cr*, cristalloïde d'aleurone; *s*, grains d'amidon.

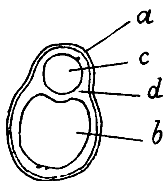


Fig. 27. — Grain d'aleurone de l'albumen du lin (Hérail).

a, membrane; *b*, cristalloïde protéique; *c*, globoïde; *d*, substance fondamentale.

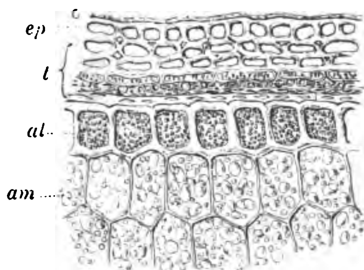


Fig. 28. — Coupe transversale d'un grain de blé.

ep, épiderme; *t*, tégument; *al*, couche à aleurone; *am*, amidon.

de la périphérie vers le centre; il en résulte que les blés à grains allongés, qui, pour un volume donné, présentent la plus grande surface extérieure, sont les plus riches en gluten, les meilleurs par conséquent.

L'un des auteurs a montré ailleurs que toutes les circonstances qui contribuent à réduire la période végétative du blé (variété, climat, sol, engrais, etc.) en augmentent la richesse en gluten. On constate aujourd'hui dans le nord et dans le centre de la France une tendance de plus en plus marquée à remplacer les blés tardifs d'origine anglaise par des variétés plus précoces (Japhet, Bordeaux, Riéti, Bordier) d'origine méridionale. Ces nouvelles habitudes ne peuvent manquer d'améliorer la qualité des farines indigènes.

Le gluten n'est pas une espèce chimique; sa composition et avec elle ses qualités industrielles sont très variables (1).

Les meuniers prétendent qu'il leur faut absolument mélanger des blés étrangers d'Amérique, de Russie, etc., des *blés de force*, — c'est l'expression adoptée, — aux nouvelles variétés à grands rendements pour fabriquer de bonnes farines.

Nous sommes persuadés que des expériences directes feraient justice de cette manière de voir, qui permet aux minotiers de peser sur le marché et qui a pour résultat de maintenir nos blés indigènes à un prix moins élevé que les blés exotiques.

D'après M. Fleurent, le gluten serait essentiellement formé de deux substances différentes : la *gluténine*, matière inerte ne se gonflant pas dans l'eau, et la *gliadine*, matière visqueuse qui agglutine les différents éléments de la farine, rend la pâte liante et lui permet de lever sous l'influence de la fermentation. Les farines qui se prêteraient le mieux à la panification, renfermeraient 25 de gluténine pour 75 de gliadine. Les céréales, telles que le seigle, l'orge, qui donnent un pain compact, sont bien plus pauvres en gliadine.

Albuminoïdes dissous. — Le suc cellulaire renferme comme albuminoïdes en dissolution : 1° de l'*albumine proprement dite*; 2° de la *caséine végétale*; 3° de la *lécithine*. L'albumine végétale, comme celle du blanc d'œuf, se coagule par la chaleur; la *caséine végétale*, comme celle du lait, se coagule en présence des acides ; elle est particulièrement abondante dans

(1) Schribaux, *Richesse des blés en gluten*, 1901 ; *Importance de la précocité dans le blé*, 1902 (*Bulletin de la Société nationale d'agriculture*).

les graines de pois, de haricots, ce qui lui a valu le nom de *légumine.*

La *lécithine*, albuminoïde très *phosphoré*, riche en glycérophosphate, considérée à juste titre comme une substance reconstituante au premier chef, se rencontre dans les cellules les plus vivantes, et particulièrement dans les grains de pollen.

Diastases. — Appelées aussi *ferments solubles*, ces matières azotées, de composition chimique mal définie, possèdent la remarquable propriété de *digérer* les réserves cellulaires inassimilables, et de leur permettre ainsi de se transporter aux différents points de la plante où elles doivent être consommées; une très faible quantité de diastase décompose d'énormes quantités de la substance sur laquelle elle agit.

Nous signalerons seulement les principales :

L'*amylase*, qui digère l'amidon ou fécule; abondante dans le malt ou orge germée;

L'*invertine* ou *sucrase*, qui transforme le sucre de canne ou de betteraves, inassimilable par les plantes, quoique soluble, en deux glucoses (dextrose et lévulose) dont la plante peut se nourrir;

La *pectase*, grâce à laquelle les jus de fruits (groseille) se prennent en gelée après concentration ;

La *saponase*, qui digère les huiles et autres corps gras ;

La *pepsine*, analogue à celle de l'estomac, qui digère les matières albuminoïdes.

Amides. — Ce sont des corps provenant de la décomposition des matières albuminoïdes; nous signalerons seulement l'*asparagine*, abondante dans les asperges.

Assimilables par les plantes, les amides possèdent une faible valeur alimentaire pour les animaux; aussi, les chimistes qui analysent un fourrage, distinguent-ils aujourd'hui l'azote provenant des amides de l'azote provenant des matières albuminoïdes.

C'est pour les jeunes plantes, toujours riches en amides, que cette distinction est particulièrement importante; autrement, on se tromperait grossièrement sur leurs qualités nutritives.

Alcaloïdes. — Les tubercules de pommes de terre exposés à la lumière, verdissent et doivent être bannis de l'alimentation, car ils renferment alors un alcaloïde toxique appelé *solanine*, lequel existe normalement dans la tige et dans les feuilles.

Les semences de quelques légumineuses contiennent des alcaloïdes dangereux : celles du lupin renferment de la *lupi-*

nine, laquelle détermine une maladie redoutable, la *lupinose*, sorte de jaunisse qui a causé, ces dernières années, de grands ravages dans les troupeaux de moutons du nord de l'Allemagne.

La gesse-jarosse, plante fourragère excellente jusqu'à la floraison, devient toxique à un état plus avancé. En 1893, des centaines de bêtes bovines ont été empoisonnées dans la région du Sud-Est où l'on avait employé comme fourrage de la gesse pourpre, qui est vénéneuse même avant la floraison. La nocuité des gesses est due à un alcaloïde appelé *lathyrine* ; la maladie qu'elle détermine porte le nom de lathyrisme.

Les alcaloïdes les plus connus intéressent le médecin plus que l'agriculteur. Nommons la *quinine*, employée comme fébrifuge, qui s'extrait de l'écorce du quinquina ; la *morphine*, tirée de l'opium ; la *nicotine*, principe actif et souvent nuisible du tabac ; la *strychnine*, poison extrêmement violent extrait de la graine de noix vomique.

Les alcaloïdes sont des déchets de l'activité végétale et servent tout au plus à protéger les plantes contre les animaux.

On a tenté avec succès de détruire les insectes qui s'attaquent aux plantes, par des alcaloïdes dilués, inoffensifs pour celles-ci ; il y aurait d'utiles recherches à poursuivre dans cette direction.

PRODUITS TERNAIRES

Composées des trois éléments, oxygène, carbone, hydrogène, ces matières sont de beaucoup les plus répandues. Nous étudierons successivement :

1° Les hydrates de carbone ;

2° Les matières grasses ;

3° Les tanins ;

4° Les gommes, les mucilages et les matières pectiques.

5° Les acides organiques.

Nous nous bornerons à signaler les types principaux dans ces différentes catégories.

1° ***Hydrates de carbone***. — Ces produits sont ainsi appelés, parce que l'oxygène et l'hydrogène s'y trouvent combinés dans les mêmes proportions que dans l'eau ; les plus intéressants pour l'agriculture sont : l'amidon, l'inuline, les sucres et les corps gras.

Les hydrates de carbone représentent les matières de réserve par excellence ; la plante les accumule à l'automne et

s'en nourrit jusqu'au moment où elle se trouve en pleine végétation. Les uns et les autres proviennent de la décomposition de l'acide carbonique, par la chlorophylle sous l'influence de la lumière; les matières premières de l'amidon, des sucres, des huiles, etc., eau, acide carbonique ne coûtent rien au cultivateur, n'appauvrissent pas ses terres; aussi, les cultures de pommes de terre industrielles, de topinambours, de betteraves à sucre, de colza, comptent-elles parmi les moins épuisantes, quand les pulpes et les tourteaux sont utilisés à la ferme même qui les a produits.

A mesure qu'on avance dans la période végétative, la cellule fabrique proportionnellement plus d'hydrates de carbone que de matières azotées ; les blés les plus riches en gluten sont les blés les plus précoces ; *les variétés de betteraves, de pommes de terre, de colza, de vigne les plus riches en sucre, en amidon, en huile sont les plus tardives ;* toutes ces plantes doivent être récoltées à maturité complète pour acquérir le maximum de valeur, puisque c'est à ce moment qu'elles renferment le plus d'hydrates de carbone.

Amidon. — L'amidon provient de la décomposition de l'acide carbonique de l'air par la chlorophylle; on conçoit que les plantes vertes soient les seules qui en renferment. C'est la matière de réserve la plus répandue dans l'organisme végétal.

Les semences de céréales sont les semences agricoles les plus riches en amidon ; celles des légumineuses qui viennent ensuite (haricots, pois, etc.), en renferment environ la moitié de leur poids.

Dans la pomme de terre, dans les racines de manioc, il représente la plus grande partie de la matière sèche. C'est sous le nom de *fécule* qu'on le désigne ordinairement quand il provient d'organes souterrains. Sous le microscope, il présente l'aspect de grains jetés sans ordre dans la cellule (*fig.* 26 et 29).

La forme et les dimensions de l'amidon étant très variables, fournissent des indications précieuses pour distinguer les différentes farines du commerce et surtout leur mélange (*fig.* 30). Les plus gros sont ceux de la pomme de terre (*fig.* 31); on y découvre une série de couches emboîtées autour d'un noyau excentrique appelé *hile*; les plus petits sont ceux qui apparaissent dans le corps chlorophyllien.

Dans les céréales, la répartition de l'amidon est inverse de celle du gluten, la proportion croît de la surface du grain vers

le centre. Dans l'orge de brasserie, où l'amidon représente la

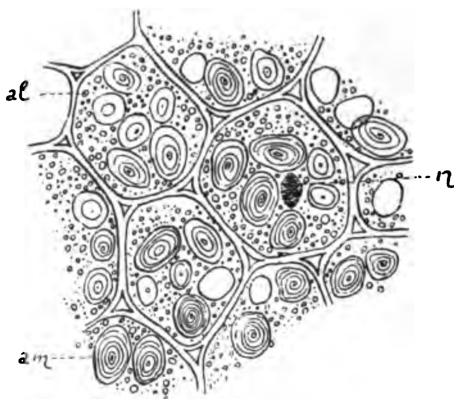


Fig. 29. — Coupe transversale d'un cotylédon de pois *al*, aleurone; *am*, amidon.

partie la plus précieuse du grain, puisque c'est de lui que dérive

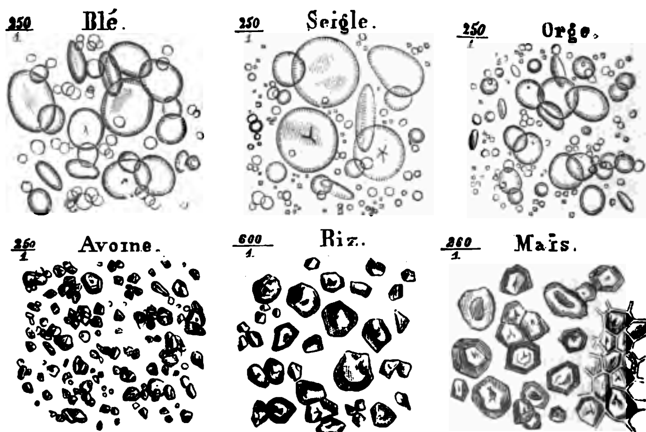


Fig. 30. — Forme des grains d'amidon d'un certain nombre de plantes agricoles.

l'alcool, les grains les meilleurs seront les plus courts, les plus

nourris, ceux qui, en définitive, possèdent à poids égal le minimum de cellules superficielles.

Dans le tubercule de la pomme de terre, la proportion d'amidon va croissant du centre jusque vers la périphérie (1). On constate aisément le sens de sa répartition en examinant par transparence une tranche mince de pomme de terre; la zone médullaire centrale apparaît translucide, le parenchyme cortical est, au contraire, opaque.



Fig. 31. — Grain d'amidon de pomme de terre. *h*, hile.

Inuline. — L'inuline remplace, dans le topinambour, l'amidon qui fait défaut. C'est une matière soluble, ce qui explique la facilité avec laquelle le topinambour s'altère et la nécessité de l'arracher seulement au fur et à mesure des besoins.

Toute cause susceptible de déshydrater la cellule (alcool, dessiccation, gelée) la précipite sous forme de sphéro-cristaux (*fig.* 32).

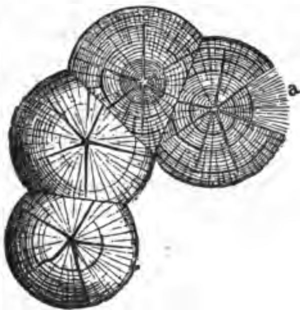


Fig. 32. — Sphéro-cristaux d'inuline.

Sucres. — Ils sont de deux sortes : 1° les sucres de fruits ou *glucoses*, dont le sucre de raisin est le type; ils fermentent directement en produisant de l'alcool et de l'acide carbonique ; 2° le sucre de canne ou *saccharose* ; il faut que le saccharose s'invertisse, se transforme en deux sucres du premier groupe (dextrose et lévulose) pour entrer en fermentation.

Cette transformation doit également s'opérer dans la cellule, pour que le sucre puisse traverser les membranes et se transporter où il doit être utilisé.

On sait que les betteraves sont débarrassées de leur collet pauvre en sucre, riche en substances mélassigènes, c'est-à-dire susceptibles de transformer une partie du sucre cristallisable en mélasse dont la valeur est bien moindre. La betterave

(1) Bussard et Coudon, *Recherches sur la pomme de terre alimentaire*, 1897.

décolletée ne possède pas une richesse uniforme. Aussi, lorsqu'on analyse des betteraves destinées à servir de porte-graines, afin de les classer exactement d'après leur teneur en sucre, doit-on faire porter l'analyse sur des fragments prélevés toujours à la même place.

Quand on abandonne à la putréfaction une betterave riche en sucre et une betterave fourragère, la première laisse un squelette fibreux très abondant; celui des betteraves fourragères est beaucoup moins développé. On s'explique que les betteraves à sucre possèdent une chair dure qui craque sous le couteau, alors que celle des betteraves fourragères, beaucoup plus tendre, se coupe facilement. L'analyse démontre que c'est au voisinage de ces fibres que le tissu de la betterave est le plus sucré.

Pommes de terre sucrées.

Quand les hivers sont longs et rigoureux et que la température se maintient pendant quelque temps dans les caves au-dessous de 6°, les pommes de terre deviennent sucrées. Les cellules de la pomme de terre produisent normalement du sucre, mais, au-dessus de 6°, la respiration le brûle complètement. Lorsque la température s'abaisse, comme la respiration diminue beaucoup d'intensité et que, d'autre part, la production du sucre demeure à peu près constante, il s'accumule dans le tubercule. Celui-ci prend alors une saveur douceâtre qui en rend la consommation désagréable.

Pour faire disparaître rapidement le sucre, il suffira de transporter les tubercules dans un local où la température est maintenue à 20° environ.

On croit généralement que le gel brusque de la pomme de terre y détermine l'apparition du sucre ; c'est une erreur ; elle est due, nous venons de le voir, non pas à une action physique, mais à un processus physiologique qui doit se prolonger pendant un certain temps. Les tubercules sucrés, plantés en terre, germent plus vite que ceux qui ont été conservés à la température ordinaire.

2° ***Corps gras.*** — Les corps gras s'accumulent le plus souvent dans les graines, où leur présence exclut généralement l'amidon, qu'ils remplacent. Les huiles (colza, navette, lin, etc.) se présentent sous forme de gouttelettes très réfringentes qu'on met en évidence en les traitant par la teinture d'orcanette qui les colore en rouge vif (*fig.* 33).

Les beurres végétaux, qui ont la consistance des graisses animales, existent à l'état de globules. Le beurre de coco, recherché des pâtissiers parce qu'il ne rancit pas, s'extrait du

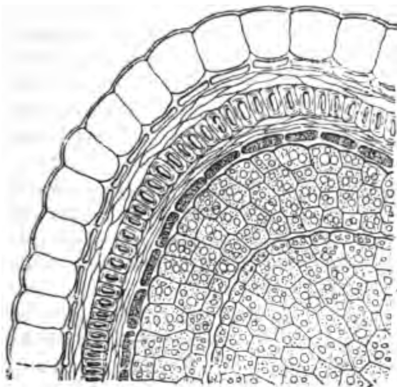


Fig. 33. — Coupe de la graine de lin.

fruit du cocotier ; la poudre de cacao vendue à bon marché a été débarrassée par expression du beurre qu'il contient naturellement.

3° ***Tanins.*** — Les tanins se rencontrent surtout dans les fruits verts et dans les écorces du chêne, du châtaignier, du sumac. Ils représentent tantôt des produits nutritifs appelés à subir d'autres transformations, tantôt des produits d'excrétion destinés à demeurer indéfiniment dans les cellules qui les renferment.

Le premier cas est réalisé dans les fruits charnus (pomme) ; pendant leur maturation, le tanin se change peu à peu en sucre : le fruit, d'abord âpre, devient doux en mûrissant; ou bien, il sert simplement à alimenter la respiration. Le second cas, celui où le tanin reste sans emploi ultérieur, est plus fréquent (écorce et feuilles du chêne, du bouleau, etc.). Le tanin sert alors en fait à la *protection* de la plante, car les animaux herbivores (escargots) ne touchent pas aux espèces abondamment pourvues de tanin, à moins qu'on en ait éliminé ce composé (1).

(1) Belzung, *Anatomie et physiologie végétales.*

Le tanin est soluble dans l'eau; il forme avec la matière albuminoïde des composés insolubles. C'est sur cette réaction qu'est fondé le tannage qui transforme les peaux en cuir. Il convient de noter que le tanin ne coagule pas la matière albuminoïde du protoplasma, autrement il serait toxique pour la plante. Une autre propriété caractéristique du tanin, c'est de précipiter en noir, de former de l'encre avec les sels ferriques (sulfate, perchlorure de fer). Les lames d'acier de nos couteaux noircissent en coupant des fruits et surtout des fruits verts, du brou de noix, riches en tanin; aussi, les couteaux à fruits portent-ils des lames d'argent.

Certains tanins, car il en existe de plusieurs sortes, précipitent les sels ferriques en vert foncé ou en vert bleuâtre. C'est le cas des tanins des feuilles chlorotiques, qui, de blanchâtres qu'elles sont, prennent immédiatement une couleur rappelant celle des feuilles normales.

Dans les prairies, pour détruire les mousses, on y répand au printemps du sulfate de fer en poudre (300 à 600 kilogrammes à l'hectare, suivant l'épaisseur du tapis de mousse); les filaments de la cuscute ne résistent pas à l'action d'une solution de sulfate de fer à 5-10 p. 100; on peut se servir de solutions à 15-20 p. 100 du même sel pour détruire les sanves et les ravenelles dans les jeunes céréales; les solutions de sulfate de cuivre à 3-4 p. 100 donnent cependant de meilleurs résultats.

Toutes ces plantes prennent une couleur noire due à la combinaison du tanin avec le sel de fer qu'elles contiennent. Les feuilles de céréales résistent mieux que les sanves et les ravenelles parce qu'elles sont protégées par une couche de matière cireuse qui les empêche d'être mouillées par la solution.

4° ***Gommes, mucilages, matières pectiques.*** — Signalons simplement ces substances, très voisines des précédentes et qui jouent dans les cellules un rôle peu important.

La production de la gomme dans la plante est presque toujours un indice de dégénérescence que l'on désigne sous le nom de *gommose*.

5° ***Acides organiques.*** — Les plus répandus sont : l'acide *malique*, qui existe notamment dans les pommes (*Malus*), les fraises, les groseilles; l'acide *citrique*, dans les oranges et les citrons; l'acide *tartrique*, dans les baies de raisin; l'acide *oxalique*, dans l'oseille (*Oxalis*), les feuilles de betteraves; ils prennent naissance partout où la vie est très active et parais-

sent être des déchets du travail organique. La plupart jouent un rôle utile en favorisant la dissolution de certaines substances minérales dans le suc cellulaire; ils peuvent être aussi brûlés par la respiration.

L'acide oxalique est un produit d'excrétion et un poison pour l'organisme végétal; combiné au potassium, il est également nuisible. Comment expliquer que ces deux corps se rencontrent l'un et l'autre dans des cellules saines? C'est qu'ils sont enfermés dans une vésicule pourvue d'une paroi imperméable qui les empêche d'exercer une action nocive sur le protoplasma et sur le noyau.

Dans l'économie animale, l'acide oxalique et l'oxalate de potassium sont également nuisibles; ils décalcarisent les os et les rendent cassants.

La présence de ces substances dans les feuilles de betteraves, en fait un fourrage médiocre ; elles gagnent à être ensilées, parce qu'alors les liquides qui s'échappent de la masse conservée, entraînent une certaine quantité d'acide oxalique. Des expériences récentes ont démontré qu'une application abondante d'engrais potassiques abaissait le taux d'acide oxalique dans les feuilles. La chaux précipite l'acide oxalique, en neutralise par conséquent l'action nocive; l'oxalate de chaux cristallise dans les cellules, où il forme des cristaux en aiguilles longues et déliées appelés *raphides* (*fig.* 34), isolés des tissus environnants par une enveloppe spéciale.

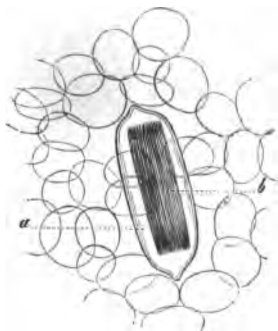


Fig. 34.

b, raphide ; *a*, cellule qui le renferme.

PRODUITS BINAIRES

A ce groupe, appartiennent les *essences* ou *huiles volatiles* (essence de menthe, de géranium, de rose, etc.), les résines (résine de conifères, etc.), le caoutchouc. Ce sont des produits d'excrétion inutilisables pour la cellule.

SELS MINÉRAUX

Les sels minéraux sont empruntés au sol, tandis que les matières organiques sont fabriquées par le protoplasma ; ils se rencontrent dans la cellule soit à l'état insoluble, soit à l'état soluble. Les premiers sont représentés principalement par du carbonate de chaux ; traité par un acide, celui-ci fait effervescence et dégage de l'acide carbonique. La forme sous laquelle le carbonate de chaux se présente le plus ordinairement, est celle de *cystolithes*, association de cristaux formant une masse ovoïde mamelonnée suspendue au plafond de la cellule comme un lustre au plafond d'une salle (*fig.* 35).

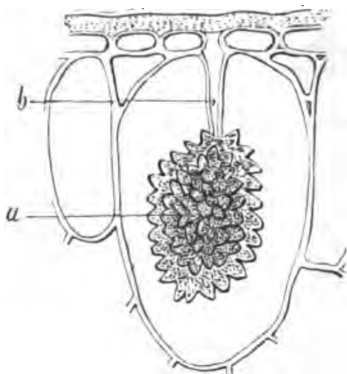


Fig. 35. — Cystolithe du *Ficus elastica*.

a, masse cystolithique ; *b*, pédicule ou filament suspenseur.

Les sels minéraux insolubles sont des produits de *dénutrition* et restent sans emploi.

Les sels solubles constituent des réserves nutritives. Au premier rang, il faut placer les nitrates qui pénètrent dans la plante à l'état où ils se trouvent dans le sol; les plantes en contiennent en proportion très variable ; dans les grosses betteraves fourragères, on trouve jusqu'à 2 p. 100 de nitrate de potasse dans les cendres. Non seulement ces grosses betteraves produisent moins de matières utiles à l'hectare que celles qui ne dépassent pas 1 kilogramme, mais encore le salpêtre qu'elles contiennent, en abaisse la valeur en les rendant diurétiques ; il est donc avantageux de rapprocher les betteraves fourragères sur les lignes pour qu'elles ne dépassent pas le poids d'un kilogramme. L'expérience démontre que les variétés demi-sucrières sont plus avantageuses à cultiver que les betteraves fourragères qui, pour un poids considérable, renferment peu de matières alimentaires.

C. Membrane cellulaire.

Ornementation de la membrane cellulaire. — La membrane cellulaire, comme tous les produits que nous venons d'examiner, dérive du protoplasma ; elle est solide, résistante, et donne à la cellule sa forme spéciale. Mince dans les cellules jeunes, la membrane cellulaire s'épaissit plus ou moins avec l'âge.

Ordinairement, la croissance des cellules en épaisseur est inégale. Supposons que la membrane reste mince seulement sur un point ; vue de l'intérieur, la partie mince représente le fond d'une sorte de puits qui se laisse facilement traverser par la lumière. Au microscope, elle se détache de la partie

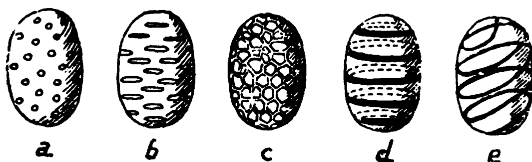


Fig. 36. — Ornementation de la cellule.

a, cellule pontuée ; *b*, c. rayée : *c*, c. réticulée ; *d*, c. annelée ; *e*, c. spiralée!

environnante, sous forme de petites taches claires (*cellule ponctuée*), de taches allongées (*cellule rayée*) ; tantôt les bandes épaissies apparaissent sous la forme d'un réseau (*cellule réticulée*), d'anneaux (*cellule annelée*), de spirales (*cellule spiralée*) (*fig.* 36).

Composition chimique. — Une jeune cellule se compose de *cellulose*, matière ternaire qui caractérise la nature végétale d'un être vivant. Le vieux linge de lin, de coton, longtemps lavé, représente de la cellulose assez pure. La cellulose se dissout dans la belle liqueur bleue appelée eau céleste qui figure à la devanture des pharmaciens.

Il existe différentes natures de celluloses, encore imparfaitement caractérisées. Bornons-nous à indiquer que les unes sont décomposées par une bactérie qui produit la fermentation butyrique, le *Bacillus amylobacter* ; telle est la cellulose qui forme les parois de la membrane cellulaire de la pomme

de terre, de la betterave, etc.; de là, l'odeur fétide des eaux de féculerie, des pulpes et autres matières ensilées qui entrent en décomposition; les autres celluloses résistent à l'action de ce ferment. Lors du rouissage du chanvre, du lin, c'est l'intervention de ce bacille qui dépouille les fibres textiles des autres matières qui les font adhérer à la tige.

Avec l'âge et suivant les fonctions de la cellule, la composition de la membrane cellulaire se modifie profondément.

Cutinisation. — La cutinisation consiste dans une transformation de la cellulose en une matière moins riche en oxygène appelée *cutine*, imperméable à l'eau et à l'air, inattaquable par le ferment butyrique, constituant par conséquent une excellente protection pour les organes qu'elle recouvre (*fig.* 48).

Subérification. — La cellulose se transforme également en *suber* ou liège, dont les propriétés bien connues sont très voisines de celles de la cutine. On dit alors que la membrane est subérifiée (voy. *fig.* 26 et 41).

Gélification. — Les cellules de certaines graines (lin, coing, plantain) transforment parfois la cellulose de leur paroi superficielle en une matière d'aspect corné susceptible de se gonfler fortement en absorbant de l'eau et de former ainsi une sorte de gelée; il y a alors *gélification*. C'est à la formation de cette gelée que les graines de lin sont redevables de leurs propriétés émollientes, que les tourteaux des mêmes graines doivent de compter parmi les meilleurs fourrages concentrés. Très substantiels, ils ont de plus le rare mérite de ne pas échauffer les animaux qui en consomment en grande quantité.

Lignification. — La cellulose s'incruste parfois d'une substance mal définie au point de vue chimique appelée *lignine*; ainsi modifiée, elle perd de sa souplesse, devient dure, cassante, mais alors elle possède une très grande résistance. Les fibres du *bois* sont riches en lignine; de là le nom de *ligneux* sous lequel on désigne celui-ci.

Minéralisation. — La dureté des tiges de prêles, de graminées provient de la présence de silice qui incruste la membrane cellulaire.

Elle est si grande dans les prêles, qu'on les emploie quelquefois à polir le bois et les métaux, ce qui les a fait désigner sous le nom de *limes végétales*.

PROPRIÉTÉS VITALES DE LA CELLULE

Croissance de la cellule. — Le protoplasma et le noyau s'accroissent dans toute leur masse, par intercalation d'éléments nouveaux très petits qui viennent se placer entre ceux qui existent déjà.

Pour exprimer que les nouvelles parties se placent à l'intérieur et non à la surface, on dit que le protoplasma s'accroît par *intussusception* (du latin *intus*, en dedans, *suscipere*, prendre du développement). Quant à la membrane cellulaire, elle s'accroît à la fois par intussusception et par *apposition* de couches nouvelles à l'intérieur des couches plus anciennes.

Multiplication des cellules. — La cellule, comme tout

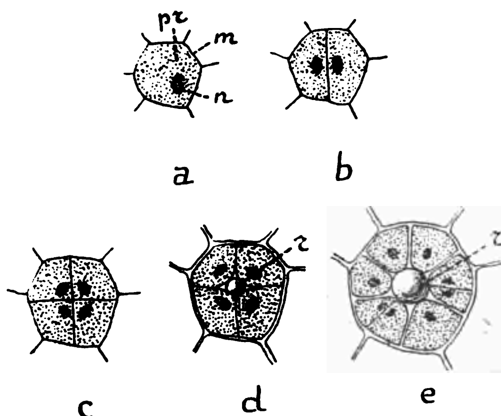


Fig. 37. — Formation d'un canal résinifère (d'après Bonnier et Leclerc du Sablon).

a, première cellule différenciée ; *m*, membrane : *pr*, protoplasma ; *n*, noyau ; *b*, la cellule se divise en deux ; *c*, il se forme quatre cellules; *d*, un méat se forme entre les quatre cellules et recueille déjà de la résine *r* ; *e*, le canal sécréteur comprend huit cellules ; *r*, résine (grossis. 150 fois).

être vivant, provient d'une cellule préexistante; elle possède donc la faculté de se multiplier. Voici comment le plus souvent se poursuit la multiplication. La cellule initiale, la *cellule-mère*, se partage d'abord par une cloison médiane en deux *cellules-filles* ; chacune de celles-ci se divise également en deux, et ainsi de suite.

Lorsque la division se poursuit régulièrement, on compte successivement 2, 4, 8, 16, 32 cellules : on dit qu'elle a lieu par *bipartition*.

La *figure* 37 nous fournit un exemple de bipartitions successives aboutissant à la formation d'un canal résinifère.

Dans la division de la cellule, le noyau joue un rôle essentiel ; il devient le siège de phénomènes désignés du nom de *karyokinèse*.

Conditions de la croissance. — Les phénomènes de croissance sont, de tous les phénomènes vitaux, les plus intéressants pour l'agriculteur, et les seuls que nous envisagerons ici.

Pour qu'une cellule s'accroisse et se multiplie, il faut qu'elle trouve à la fois dans le milieu extérieur :

1° Des aliments ; 2° de l'oxygène ; 3° de l'humidité ;

Deux agents impondérables fournis par les radiations solaires :

4° De la chaleur ; 5° de la lumière.

ALIMENTS. — Notons simplement, car nous reviendrons plus tard sur la nutrition des végétaux, que les cellules de nos plantes cultivées se nourrissent des substances suivantes :

1° *Éléments empruntés à l'atmosphère :* carbone, oxygène, hydrogène ;

2° *Matières empruntées au sol :* phosphore, soufre, potassium, calcium, magnésium, chlore, fer ;

3° *Élément puisé exclusivement dans le sol ou à la fois dans le sol et dans l'atmosphère :* azote.

OXYGÈNE ET RESPIRATION. — Nous venons de voir l'oxygène intervenir comme aliment de la cellule, mais il n'agit pas seulement comme tel. Dans la cellule végétale, comme dans la cellule animale, la vie commence par une inspiration et prend fin par une expiration d'oxygène. La respiration de l'oxygène est une condition primordiale de la vie chez la cellule vivante.

A l'aide de l'oxygène emprunté au milieu extérieur, la cellule brûle une partie des hydrates de carbone et des substances albuminoïdes qu'elle contient ; elle se mange elle-même en laissant comme résidu de l'acide carbonique et de l'eau ; bref, elle *diminue de poids*.

Pour que les aliments qu'elle absorbe soient utilisés, pour qu'il y ait *nutrition*, il faut qu'il y ait en même temps *dénutrition*, consommation d'une partie de sa substance.

La respiration, ainsi que tous les phénomènes de combustion, engendre de la chaleur.

La consommation d'oxygène est réglée par l'activité fonction-

nelle de la cellule: les cellules d'une graine au repos respirent très faiblement, diminuent lentement de poids, par conséquent; au contraire, dans une graine en pleine germination, la respiration est très active et l'élévation de température qui l'accompagne, assez forte, pour qu'on puisse la mesurer aisément en adoptant le dispositif indiqué dans la *figure* 78.

Respiration intramoléculaire. — Placée dans un milieu privé d'oxygène, la cellule vivante peut rester en vie pendant quelque temps : elle continue à respirer et dégage de l'acide carbonique ; dans ces conditions, ce n'est plus seulement le carbone, mais encore l'oxygène qui est emprunté à la substance de la cellule ; dans ce cas, la respiration est dite *intramoléculaire* ; c'est surtout aux dépens des sucres que la respiration intramoléculaire se poursuit ; la cellule fournit alors de l'*alcool*, exactement comme la levure de bière placée dans du moût de raisin ou d'orge.

On le vérifie aisément en plaçant une pomme dans un flacon bouché, en l'enrobant de cire ou plus simplement encore en l'immergeant dans de l'huile qui empêche l'accès de l'air ; elle répand bientôt une odeur alcoolique très marquée. Si l'oxygène continue à faire défaut, la mort ne tarde pas à se produire. Dans le sol, les racines se dirigent vers les parties les plus aérées.

Nous en conclurons que le cultivateur doit s'efforcer de maintenir la plante *tout entière* dans un milieu aéré ; d'ameublir la terre arable, de détruire la croûte qui se forme quelquefois à sa surface, d'assurer l'écoulement de l'eau stagnante dépourvue d'oxygène, de conserver les fruits, les plantes-racines dans une atmosphère qui se renouvelle lentement. Les semences sèches elles-mêmes, quoiqu'elles respirent faiblement, ne peuvent se conserver à la longue dans des silos étanches, que si la dessiccation est poussée *très loin*, car alors la fonction respiratoire est à peu près complètement abolie.

Eau et transpiration. — On peut pousser très loin la dessiccation des semences, *les priver à peu près complètement d'eau sans les tuer*.

A la Station d'essais de semences de l'Institut agronomique, du blé qui dosait 13,3 p. 100 d'eau, séché à 80° pendant 48 heures, ne renfermait plus que 2,1 p. 100 d'eau à la fin de l'expérience ; mis en germination, ce blé a fourni des plantes qui se sont développées normalement jusqu'à la maturité.

En desséchant les semences dans le vide, comme l'a fait M. Maquenne, on diminue les chances de destruction.

Dessécher les semences dans des étuves, constitue un moyen de conservation certain, auquel on pourrait recourir avec grand avantage. Il faudrait, bien entendu, déterminer pour chaque espèce, la température maxima qu'on ne devrait pas dépasser, ainsi que le temps pendant lequel il faudrait la faire durer. Nous verrons bientôt que les semences sont beaucoup moins sensibles aux températures élevées qu'on ne l'admet généralement.

Ce que nous venons de dire s'applique seulement aux cellules à l'état de repos — on dit de *vie latente* — et ne renfermant pas plus de 12 à 14 p. 100 d'eau.

Dans une cellule où la vie est *active*, l'eau représente toujours la plus grande partie de sa masse, 75-95 p. 100 et même davantage.

L'eau joue : 1° le rôle d'aliment, lui fournit de l'hydrogène et de l'oxygène ; 2° elle sert de dissolvant et de véhicule aux matières nutritives; 3° enfin l'eau maintient la cellule à l'état de *turgescence*, c'est-à-dire fortement distendue ; la pression exercée contre la membrane par le suc cellulaire atteint jusqu'à 15 atmosphères! Les chaudières de nos machines à vapeur les plus puissantes travaillent rarement à une pression aussi énorme.

La membrane se trouvant distendue, de nouvelles particules peuvent s'interposer entre les anciennes ; cette circonstance favorise en outre la circulation des liquides nutritifs.

L'eau qui charrie les matières nutritives s'échappe ensuite dans l'atmosphère : la cellule *transpire*.

Notons en outre que les *exigences en eau de la cellule diminuent progressivement avec l'âge*. Un blé en herbe consomme plus d'eau pour fabriquer 1 kilogramme de matière sèche que lorsqu'il épie, et à cette dernière date plus qu'au moment de la maturité. Les plantes fourragères, à production égale de matière sèche, — on les récolte en cours de végétation, — réclament plus d'eau dans le sol que les plantes céréales par exemple, récoltées à maturité. C'est lorsque l'humidité — sans faire défaut — va progressivement diminuant dans nos terres que nous obtenons les récoltes les meilleures.

L'eau en excès ne devient nuisible à la cellule végétale que si elle manque d'oxygène; nous apprendrons bientôt que les parties les plus actives des racines sont recouvertes d'une mince couche d'eau. Ce sont de véritables *racines aquatiques*. Rien de surprenant que dans l'eau additionnée de matières chimiques appropriées, les plantes atteignent des dimensions qu'elles ne dépassent pas dans les terres les plus fertiles.

Pour ne citer qu'un exemple, nous avons vu au laboratoire de Nobbe, à côté de maïs de 2 mètres de haut, un aune de quatre ans, élevé également en solution nutritive, qui mesurait environ 10 centimètres de diamètre au collet et qui avait déjà fructifié. Ces résultats ne s'obtiennent qu'en renouvelant les solutions ou en y insufflant souvent de l'air. Les cellules des tiges aériennes peuvent vivre aussi quelque temps dans l'eau aérée ; on sait les bons effets des irrigations à grandes eaux pratiquées dans les prairies en pleine végétation.

La *transpiration* augmente avec l'étendue de la membrane exposée à l'air, avec la chaleur, l'état hygrométrique, le renouvellement de l'air, elle varie évidemment aussi avec la nature de la membrane ; elle sera plus faible dans une cellule à paroi épaisse, cutinisée ou subérifiée, c'est-à-dire à peu près complètement imperméable, mauvaise conductrice de la chaleur, que dans une membrane mince composée seulement de cellulose.

La présence de poils à la surface des plantes diminue la transpiration ; ceux-ci jouent le rôle du paillis que le jardinier étale sur la terre et qui entrave le renouvellement de l'air ; les plantes poilues se rencontrent surtout dans les sols et sous les climats secs.

Ces considérations laisseraient supposer que tout se passe dans une cellule, au point de vue de la perte de l'humidité, comme dans un vase plus ou moins poreux renfermant une dissolution saline.

La transpiration diffère de la simple évaporation en ce qu'elle est influencée par certaines conditions physiologiques. *La consommation d'eau est réglée surtout par l'activité vitale de la cellule.*

Pendant la nuit par exemple, la chlorophylle ne fonctionnant pas, la transpiration est beaucoup plus faible que pendant le jour ; aussi, c'est le matin que l'on constate le maximum de turgescence dans les feuilles.

Pour exprimer que les cellules vertes sont le siège d'une vaporisation plus active le jour que la nuit, on distingue la transpiration diurne ou *chlorovaporisation*, liée à la fonction chlorophyllienne, de la transpiration proprement dite.

Autre observation fort importante au point de vue pratique : la *consommation d'eau diminue avec la richesse du suc cellulaire en matières alimentaires.* Et cela se comprend : plus la solution nutritive sera concentrée, moins il en faudra pour satisfaire l'appétit de la cellule. En terres pauvres, où les solutions

nutritives qui pénètrent dans la cellule, sont très étendues, il faut que la plante absorbe 800 kilogrammes d'eau et plus pour produire 1 kilogramme de matière sèche; en les fumant copieusement, la plante en consomme à peine 300 kilogrammes, soit une économie de près de 75 p. 100.

Une fumure équivaut à des arrosages abondants et répétés.

Bien remarquable est la manière d'être du corps protoplasmique vis-à-vis d'une répartition inégale de l'humidité. Quand il est libre, comme dans la fleur de tan, il exécute des mouvements, et se dirige du côté où l'humidité est la plus favorable (*hydrotropisme*).

Nous reviendrons sur cette propriété en parlant des racines.

Chaleur. — La chaleur n'est pas moins indispensable à l'activité cellulaire que l'oxygène et l'humidité mais elle aussi, doit-être comprise entre certaines limites. Il y a une température inférieure t, une température supérieure T, au delà desquelles le protoplasma meurt immédiatement.

Il existe une température particulièrement favorable Θ, que l'on appelle *température optimum*. Dans l'échelle des températures, t, T, Θ représentent les trois *températures critiques*, celles qu'il importe de connaître. Elles ne sont pas les mêmes pour tout corps protoplasmique. Sous notre climat variable, on constate que les exigences thermiques de nos plantes cultivées augmentent à mesure qu'elles se développent : le blé qui germe, réclame moins de chaleur que le blé pourvu de feuilles vertes, celui-ci moins qu'au moment de l'épiage ; *la courbe des températures les plus favorables, s'élève progressivement jusqu'à la maturité; elle est inverse de la courbe de l'humidité.* La *limite supérieure* de température que peut supporter la cellule active est voisine de 40°. Déjà, au bout de quelques minutes, le protoplasma soumis à cette température se gonfle, se coagule et ne tarde pas à mourir. Il est plus difficile de déterminer la *limite inférieure* de température qui occasionne la mort. Elle est généralement au-dessous de 0°. Elle varie d'ailleurs notablement dans une même espèce avec la teneur en eau de la cellule et, au même état de développement, avec la composition du suc cellulaire. Nous avons constaté que du seigle ayant reçu une dose copieuse d'engrais — le suc cellulaire était riche par conséquent en matières minérales — a mieux résisté à l'hiver que du seigle non fumé placé dans les mêmes conditions.

Quant à la *température optimum*, elle est bien plus voisine

de la température maximum que de la température minimum.

Avant que les températures extrêmes qui déterminent la mort subite du protoplasma ne soient atteintes, il se produit un phénomène qu'on appelle la *rigidité par le froid* et la *rigidité par la chaleur*. On désigne par là un état pendant lequel les propriétés vitales du protoplasma, et notamment tous ses mouvements, sont temporairement abolies ; elles se rétablissent ensuite après un certain temps, lorsqu'on le place à une température normale.

La rigidité par le froid, la plus intéressante à étudier pour l'agriculteur, se produit habituellement aux environs de 0° ; on voit alors les filaments du protoplasma diminuer de volume et présenter par places des gouttelettes volumineuses, qui se sont séparées de sa substance. Une élévation *lente* de température fera revenir le protoplasma à son état normal.

Nous constatons trop souvent que les plantes réchauffées *subitement* par les rayons du soleil levant, souffrent plus des gelées printanières que celles qui sont placées à une autre exposition.

On conserve couramment aujourd'hui des fruits et autres produits végétaux par le froid ; il faut les ramener progressivement à la température ordinaire, si l'on veut éviter ensuite une altération rapide de leur substance.

Chez les végétaux, le pouvoir de résistance au froid et à la chaleur est d'autant plus grand que les cellules renferment moins d'eau.

Les semences, si peu sensibles, avons-nous vu, à la dessiccation, se montrent parfois très résistantes aux températures extrêmes.

Les semences sèches sont épargnées par les froids extraordinaires réalisés dans les laboratoires, par vaporisation de gaz liquéfiés, froids qui dépassent quelquefois — 200°.

Pour conserver les semences, on les dessèche à 50-60° ; nous avons constaté qu'on pourrait très souvent les chauffer à 100° sans inconvénient ; un échantillon de blé a été maintenu à 120° pendant une heure ; 56 p. 100 des graines avaient encore conservé leur faculté germinative, elles se sont développées ensuite à peu près normalement ; quelques-unes ont même supporté une température de 130° pendant une heure.

Nous parlons de *chaleur sèche* ; la *chaleur humide* serait mortelle au voisinage de 40°.

La température, comme l'humidité, peut provoquer des mouvements du protoplasma lorsqu'elle est répartie inégalement dans le milieu ambiant (*thermotropisme*).

Quand vient l'automne, l'air se refroidit, la *fleur de tan* s'enfonce à plusieurs pieds de profondeur dans les couches plus chaudes pour y passer l'hiver; elle se meut en sens inverse au printemps, lorsque les couches superficielles sont devenues plus chaudes.

Lumière. — La lumière joue dans la vie de la cellule végétale un rôle primordial. Grâce à la lumière, la cellule fabrique de la chlorophylle, décompose l'acide carbonique de l'air, combine tous les éléments de nature minérale empruntés à l'atmosphère et au sol pour en faire de la matière vivante. *C'est l'intervention de la lumière dans les phénomènes de nutrition végétale, qui fait de la plante l'être organisateur par excellence.*

A l'abri de la lumière, la cellule végétale peut vivre, mais alors aux dépens de ses réserves; quand cette situation se prolonge, elle finit par mourir de faim.

Un autre effet de la lumière, c'est de retarder la croissance. Plaçons une plante dans une pièce éclairée d'un seul côté, la partie de la tige frappée par la lumière se développera moins que du côté opposé.

Cet allongement inégal forcera la tige à se recourber vers la source lumineuse. Dans les serres bien comprises, afin que les plantes se développent normalement, la lumière pénètre de tous côtés. Les semis épais, dans lesquels la lumière pénètre difficilement, donnent des plantes qui *filent*, c'est-à-dire qui s'allongent démesurément; les cellules allongées de la base de la tige possèdent nécessairement des parois très minces et manquent de solidité; la plante tombe, *verse*, sous son propre poids, sous l'action d'une pluie abondante ou d'un vent violent. Semer en lignes assez espacées, permettant à la lumière de pénétrer jusqu'à la base des chaumes, constitue l'un des moyens les plus sûrs de prévenir la verse si redoutable pour les céréales.

Les choux filés constituent de mauvais plants.

Quand vient le printemps, la pomme de terre produit de longs germes jaunâtres qui peuvent atteindre plusieurs mètres de long. Exposés à la lumière pendant tout l'été, les mêmes tubercules produisent des pousses épaisses, charnues, qui mesurent environ 10 centimètres.

Pommes de terre de primeur produites à l'automne. — Ces dernières pommes de terre plantées dans la région de Paris, fin juillet ou commencement d'août, de façon que les premières

gelées surprennent la plante en pleine végétation, fournissent pendant tout l'hiver, en les arrachant au fur et à mesure des besoins, des tubercules ayant l'apparence et le goût des pommes de terre de primeur. Pour les préserver du froid, on les butte très fortement ; si le climat est rigoureux, on les recouvre ensuite d'une couche de paille de 10 à 20 centimètres d'épaisseur (1).

La production à contre-saison et en grande culture de pommes de terre de primeur, mérite d'être tentée dans les régions à hiver doux où les terres peuvent être irriguées.

La variété connue sous le nom de *magnum bonum* est une de celles qui nous ont donné les meilleurs résultats.

La lumière du soleil se compose, comme on sait, de rayons présentant les couleurs de l'arc-en-ciel. En plaçant la plante sous des cloches diversement colorées, on constate que les rayons *jaunes* sont ceux qui favorisent surtout le verdissement des plantes; les radiations rouges, oranges, jaunes et vertes sont les plus actives dans la décomposition de l'acide carbonique ; l'action retardatrice de la lumière sur la croissance est principalement due aux radiations bleues et violettes.

La lumière comprend des radiations calorifiques en même temps que des radiations lumineuses ; les premières se montrent particulièrement actives et favorables à la germination de la plupart des petites semences qu'on a l'habitude d'enterrer superficiellement. Pour agir utilement, la lumière doit être comprise entre certaines limites :

Lorsqu'elle est faible, les grains de chlorophylle font face à celle-ci (*fig.* 21, *a*); lorsqu'elle est intense, ils la fuient, cherchent en quelque sorte à s'abriter sur les parois latérales où la lumière ne les frappe plus que de profil (*fig.* 21, *b*). On s'explique dès lors que les feuilles pâlissent lorsque le soleil est ardent ; il suffit d'y appliquer un écran, une feuille d'étain ou une pastille de chocolat, pour voir reverdir la surface qui a été ainsi protégée.

Comme pour la température et l'humidité, il y a une intensité intermédiaire, particulièrement favorable, c'est la *lumière optimum*.

Nos plantes de grande culture sont en général très exigeantes au point de vue de l'éclairement. Rien de plus difficile, par exemple, que de faire pousser du gazon sous les arbres des

(1) M. Blanchard et Schribaux, *Bulletin de la Société nationale d'agriculture*, 1902.



vergers et des parcs, dont l'influence nuisible se fait sentir assez loin sur toutes les parties qu'ils ombragent.

Agents nuisibles à la cellule végétale. — AGENTS PHYSIQUES. — Le *contact* d'un corps solide avec la cellule en retarde la croissance ; une simple bandelette de papier gommé appliquée latéralement sur l'extrémité d'une racine au voisinage du sommet, en retarde l'allongement de ce côté; il en résulte que la racine recourbe son extrémité vers la bandelette ; dans le sol, les racines contournent les pierres et autres obstacles qui s'opposent à leur passage.

Si une *pression* s'exerce sur une partie seulement du corps de la cellule, elle change de forme et se développe dans le sens de la moindre résistance. Dans le sol, les interstices laissés entre les particules, deviennent parfois trop étroits pour contenir une racine en voie de croissance; elle se moule sur l'obstacle et fait effort pour s'ouvrir un passage: la pression exercée par les cellules turgescentes est telle, qu'on a vu des racines d'arbres déplacer des blocs pesant plusieurs milliers de kilogrammes. Mais il ne faut pas oublier que le travail mécanique développé par la plante, constitue une *dépense* pour l'organisme, dépense qui se traduit par une diminution du travail assimilateur, par une diminution de récolte.

L'ameublissement des terres arables a précisément pour but de réduire ces dépenses au minimum.

Lorsque la plante reçoit un *choc*, son action ne reste plus limitée aux points touchés ; une excitation mécanique violente se propage à une certaine distance ; le protoplasma granuleux cesse alors de se mouvoir, puis, après un certain temps de repos, le mouvement se rétablit peu à peu; dans ce cas encore, le travail organique se trouve interrompu et la récolte amoindrie.

Si l'excitation mécanique va jusqu'à l'écrasement de la cellule, sa structure se trouve modifiée, le protoplasma est condamné à mourir.

AGENTS CHIMIQUES. — Parmi les substances gazeuses susceptibles de nuire à la cellule, nous citerons en première ligne les *anesthésiques*, le chloroforme, l'éther, etc., qui produisent les mêmes effets que chez un organisme pourvu de nerfs: le protoplasma continue à respirer, mais il cesse de se mouvoir; l'action chlorophyllienne et l'élimination d'oxygène qui en est la conséquence, se trouvent arrêtées. Ces effets nuisibles disparaissent en replaçant la plante dans l'air pur.

Le *sulfure de carbone*, l'*aldéhyde formique*, agissent moins

activement sur la cellule végétale que sur la cellule animale, aussi les emploie-t-on avec succès comme *insecticides*.

Les *antiseptiques*, sels de mercure, phénol, sulfate de cuivre, permanganate de potasse, sont des poisons énergiques pour le protoplasma.

Si nous tuons avec ces substances ou si nous prévenons le développement des spores de carie du blé, du mycélium du mildiou de la pomme de terre et de la vigne, c'est que le traitement est conduit de telle façon que le poison ne pénètre pas dans le grain de blé ou dans la feuille de vigne, mais reste localisé à la surface.

Le suc cellulaire est formé par une solution très diluée. Quand on plonge la cellule dans une solution saline concentrée, voici ce qui se produit : de l'eau sort par *osmose* (p. 142); la fine pellicule qui enveloppe le protoplasma, se détache de la membrane cellulaire sur laquelle elle était appliquée; elle se contracte en même temps que le protoplasma qui forme alors une masse compacte au centre de la cellule (*fig.* 38). Le même phénomène se produira en plongeant la cellule dans l'alcool, ou en la soumettant à une influence qui fasse perdre au suc cellulaire la plus grande partie de son eau (*fig.* 120). Alors même qu'elle ne serait pas tuée, la cellule n'étant plus turgescente, devient incapable de s'accroître; c'est seulement lorsque le protoplasma aura récupéré l'eau éliminée, que l'activité vitale reprendra son cours. Si la perte d'eau est trop considérable, la mort de la cellule en est la conséquence. Nous nous expliquons dès lors qu'une solution chimique *de quelque nature qu'elle soit*, si elle est trop concentrée, puisse nuire à la cellule.

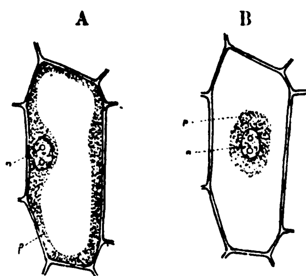


Fig. 38.

A, cellule normale ; *p*, protoplasma ; *n*, noyau ; B, la même après avoir été plongée dans une solution saline concentrée.

Le nitrate de soude, le sulfate d'ammoniaque, matières solubles dans l'eau, s'emploient couramment comme engrais. Éminemment favorables à la végétation, ces substances

deviennent nuisibles, *brûlent* nos plantes, lorsque nous les répandons sur les feuilles à doses trop élevées ou que nous ne prenons pas la précaution de les pulvériser avec soin et de les répartir uniformément.

Agents physiologiques. — La cellule végétale compte ses ennemis les plus redoutables parmi les plantes et les animaux ; c'est à la substance fondamentale de la cellule, au protoplasma riche en éléments nutritifs, que s'attaquent surtout les parasites.

Les organes d'absorption du parasite végétal (cuscute, orobanche, champignons, etc.), racine ou mycélium, doivent perforer la membrane cellulaire ; ils arriveraient difficilement à en vaincre la résistance, s'ils exerçaient sur elle une simple action mécanique.

Celle-ci se complique d'une action chimique. Le parasite sécrète des principes diastasiques qui dissolvent la membrane et la rendent plus vulnérable.

La résistance au parasite variera d'abord avec la nature de la membrane ; revêtue de cutine ou de liège, la cellule résistera mieux que si elle se compose seulement de cellulose. Elle variera en outre avec la vitalité du protoplasma : les cellules affaiblies, atteintes de « misère physiologique », sont des proies faciles ; au contraire, les cellules vigoureuses se défendent énergiquement et parfois avec succès. Une alimentation mal équilibrée, notamment l'emploi abusif d'engrais azotés, augmentent également la réceptivité de la cellule. Un excès d'acide phosphorique ou de potasse présente rarement les mêmes inconvénients. On ne saurait assez répéter que l'un des meilleurs moyens de lutter contre les maladies qui menacent nos récoltes, consiste à bien travailler les terres, à les fumer judicieusement, bref, à produire des plantes robustes.

Ajoutons qu'il faut protéger les cellules de toute blessure ; une blessure est une porte ouverte à l'ennemi, aux spores des champignons, aux germes de bactéries qui pullulent dans le sol et dans l'atmosphère, germes qui provoquent la gangrène des parties lésées. Quand cela est possible, on enduira les plaies d'une matière protectrice (goudron de houille, mastics) ou, s'il s'agit de plantes au repos (pommes de terre, plantes-racines), on les laissera se cicatriser dans un endroit sec défavorable à la multiplication des parasites.

On sait que chez les animaux, quand une blessure se cicatrise, il se forme entre la partie vivante et la partie mortifiée

une zone protectrice appelée *séquestre* : l'organisme végétal use des mêmes moyens de défense; la zone protectrice est représentée ici par du liège. Imputrescible, imperméable à l'eau et à l'air, il répond donc parfaitement au but à atteindre.

DIFFÉRENCIATION CELLULAIRE

Chez les plantes inférieures arrivées à l'âge adulte, le corps végétal tout entier se compose encore de cellules; chacune d'elles ressemble à ses voisines par sa forme et par ses propriétés; elle travaille souvent pour son compte particulier et elle peut même s'isoler sans inconvénient pour l'association entière. La structure du corps végétal est *homogène*.

Chez les végétaux supérieurs, au contraire, la structure est *hétérogène*. A l'origine, le corps végétal possède des cellules identiques entre elles, mais, avec l'âge, elles *évoluent* dans diverses directions et revêtent des aspects très variés : on dit qu'elles se *différencient*; la différenciation porte et sur la forme et sur la fonction.

TISSUS VÉGÉTAUX

On donne le nom de *tissus* à un ensemble d'éléments anatomiques qui se ressemblent par leur forme, leur composition et souvent par les fonctions qu'ils accomplissent dans l'organisme.

Chez les végétaux qui nous intéressent, on distingue six sortes de tissus :

1° Le parenchyme proprement dit ; 2° le liège ou parenchyme subéreux ; 3° le sclérenchyme; 4° le prosenchyme ou tissu fibreux; 5° le collenchyme; 6° le tissu vasculaire.

1° ***Parenchyme proprement dit.*** — Il est de nature cellulosique, composé de cellules courtes à parois minces, à peine plus allongées dans un sens que dans l'autre (*fig.* 41).

Le parenchyme représente le tissu fondamental de la plante; c'est en même temps le plus délicat, le plus vivant et le plus altérable; il sert de trait d'union entre les éléments des autres tissus, si bien que dans l'hypothèse où ceux-ci disparaîtraient, l'organisme conserverait sa forme générale.

Dans un organe très jeune, les cellules provenant de bipartitions successives, ont leurs parois intimement soudées les

unes aux autres; il n'existe pas de vides entre elles. En s'accroissant, sous l'influence de la pression intérieure exercée par leur contenu, elles tendent à devenir sphériques ; aux angles de raccordement des cellules entre elles, des vides se produisent : on les appelle des *méats intercellulaires* (*fig.* 39). Que ces méats s'élargissent et que le même phénomène se reproduise dans les cellules voisines, le tissu parenchymateux présente des espaces vides plus ou moins étendus, des lacunes : dans ce cas, le parenchyme est désigné du nom de *parenchyme lacuneux* (*fig.* 40). Le parenchyme lacuneux communique avec l'atmosphère par de petites ouvertures que nous apprendrons plus tard à connaître sous le nom de *stomates*.

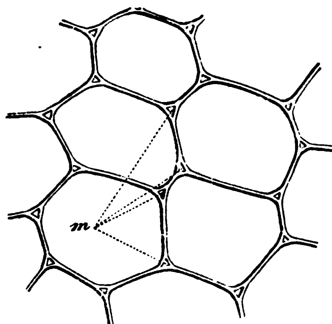


Fig. 39. — Coupe transversale du tissu cellulaire pris dans le bulbe du *Lilium superbum*.

Parenchyme avec méats intercellulaires *m*.

2° ***Liège ou tissu subéreux***. — Le tissu subéreux est un parenchyme composé de cellules rectangulaires disposées régulièrement en files radiales aussi bien qu'en assises concentriques; de bonne heure, le protoplasma de ces cellules disparaît et se trouve remplacé par de l'air ; on reconnaît à ce caractère que le liège est un tissu mort. Tantôt les cellules du liège possèdent des membranes minces et élastiques : le liège des bouchons en est un exemple; tantôt les cellules sont dures, résistantes et sans valeur industrielle (*fig.* 41).

3° ***Sclérenchyme***. — Lorsque les cellules, restant courtes, possèdent des parois lignifiées très épaisses, elles constituent le tissu désigné sous le nom de *sclérenchyme*. On le rencontre dans les organes les plus durs : noyaux, tégument séminal (*fig.* 57), épines. Ce sont des cellules scléreuses qui enlèvent aux poires presque toute leur valeur en les rendant pierreuses.

Certaines parties de la membrane restant minces, il se forme ainsi de petits canaux dans l'épaisseur des cellules scléreuses ; les canaux des cellules contiguës se correspondent,

de sorte que de l'une à l'autre, les échanges liquides ou gazeux se trouvent grandement facilités (*fig.* 42). Mais de bonne

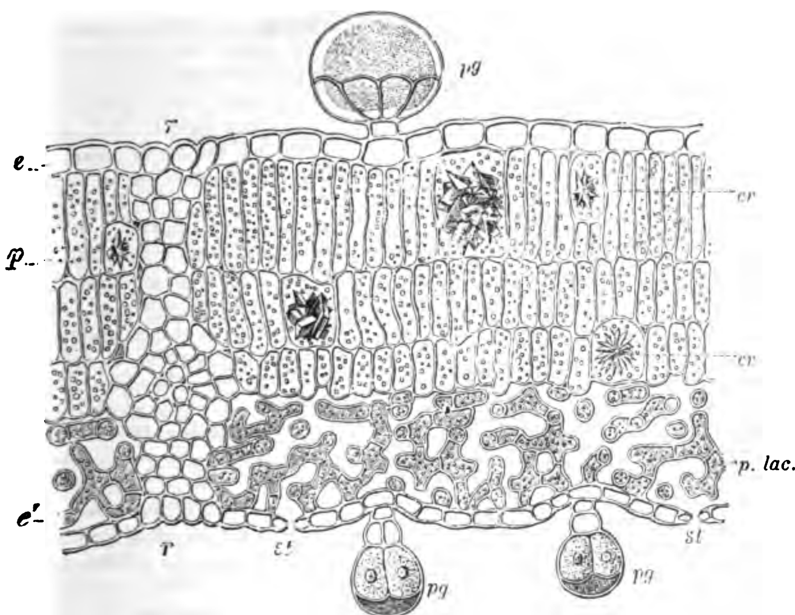


Fig. 40. — Feuille de noyer.

Coupe transversale montrant en *e* l'épiderme de la face supérieure ; *e'*, l'épiderme de la face inférieure ; *pg*, les poils glandulaires ; *cr*, cellules contenant des cristaux ; *st*, *stomates* ; *p*, parenchyme en palissade ; *p. lac. parenchyme lacuneux* ; *r*, lame de stéréome renfermant un petit faisceau (Vogl.).

heure, le protoplasma disparaît : le sclérenchyme est donc un tissu mort.

4° ***Prosenchyme ou tissu fibreux.*** — Supposons que les cellules du sclérenchyme s'allongent considérablement et s'effilent en forme de fuseaux aux deux extrémités, on se trouve alors en présence de *fibres* (*fig.* 43) dont la réunion constitue le *prosenchyme* ou tissu fibreux.

Les unes restent souples tout en étant très résistantes : les fibres du lin, du chanvre, de la ramie et autres plantes textiles

nous en fournissent des exemples. Comme elles se trouvent placées dans une région de l'écorce appelée *liber*, on les

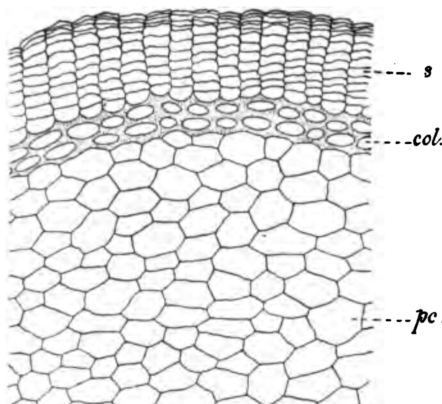


Fig. 41. — Coupe transversale de la tige de douce-amère (Hérail et Bonnet). *s*, liège ; *col*, collenchyme ; *pc*, parenchyme cortical.

nomme souvent *fibres libériennes* ; ce sont les fibres libériennes des écorces de tilleul, d'osier, qui font employer celles-ci en guise de liens ; dans le *bois*, les fibres étant plus lignifiées, se montrent plus rigides, on les nomme *fibres ligneuses*.

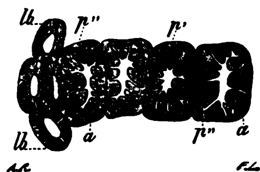


Fig. 42. — Cellules scléreuses. *p'p''*, canalicules correspondant aux ponctuations.

Le prosenchyme, comme le sclérenchyme, est un tissu mort.

5° **Collenchyme.** — Le collenchyme, par ses caractères, rappelle à la fois le parenchyme proprement dit et le prosenchyme.

Il est de nature cellulosique et vivant comme le parenchyme ; les éléments qui le composent, ordinairement allongés comme les fibres, possèdent des parois épaissies sur tout leur pourtour ou seulement au point de jonction des cellules. C'est un tissu qui n'a pas la résistance du tissu fibreux, mais qui possède une plus grande élasticité (*fig.* 41).

6° ***Tissu vasculaire.*** — Imaginons des cellules allongées empilées les unes sur les autres, et dans lesquelles les parois transversales viennent à disparaître, à être résorbées plus ou moins complètement : nous obtiendrons un long tube auquel on donne le nom de *vaisseau*. Sur ses parois lignifiées, nous retrouvons les différents modes d'ornementation des cellules auxquelles le vaisseau doit son origine; nous aurons ainsi des vaisseaux ponctués, rayés, annelés, spiralés, spiro-annelés, etc. (*fig.* 44).



Fig. 43. — Fibre.

Les vaisseaux spiralés qu'on appelle aussi *trachées*, mais surtout les vaisseaux annelés, avec leurs parois minces et leurs épaississements localisés sur une faible étendue, sont ceux qui se prêtent le mieux à l'allongement; il n'est pas surprenant qu'ils apparaissent les premiers dans les tissus les plus jeunes de la tige et de la racine où l'élongation est la plus rapide.

Les vaisseaux dont il vient d'être question, se rencontrent dans ce qu'on appelle le *bois*; chez les conifères (pin, sapin), on trouve en grande abondance des éléments qu'on pourrait appeler des *vaisseaux-fibres*. Ce sont des fibres à large calibre comme les vaisseaux, mais présentant des ponctuations très

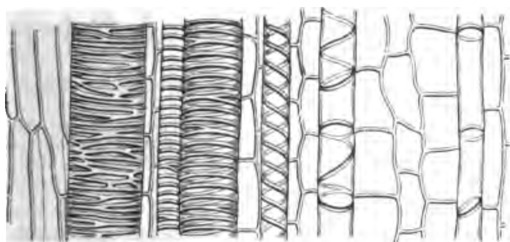


Fig. 44. — Portion d'une tige de balsamine.

v, vaisseau annelé ; v_1, vaisseau spiro-annelé ; v_2, vaisseau spiralé ou *trachée* ; v_3 et v_4, trachées passant à la forme réticulée ; v_5, vaisseau réticulé.

spéciales. Vues de face, elles se projettent suivant deux cercles

concentriques. La *figure* 45 donne facilement raison de cet aspect particulier. Lorsque la partie de la membrane restée mince se distend, tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, sous l'action de pressions inégales, elle s'appuie contre les parois intérieures de l'espèce de lentille creuse dans laquelle elle se trouve logée. Ces ponctuations, appelées *ponctuations aréolées*, ont fait donner aux éléments qui les portent, le nom de *fibres* ou de *vaisseaux aréolés*.

Dans l'écorce, on trouve des

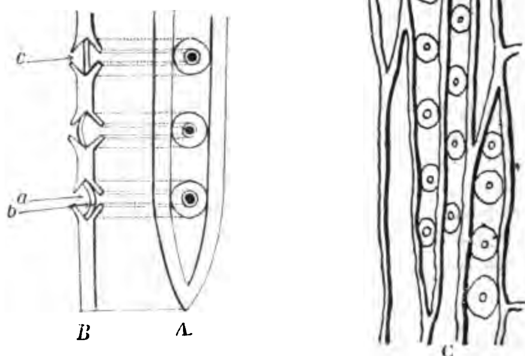


Fig. 45. — Fibres de conifères à ponctuations aréolées.

A, une fibre vue de face ; B, coupe de la paroi ; *b*, paroi mince qui s'est recourbée sous l'influence d'une pression s'exerçant de gauche à droite ; *c*, paroi mince soumise sur les deux faces à des pressions égales ; C, groupe de fibres aréolées.

vaisseaux qui se reconnaissent sur une coupe à leur aspect nacré ; ce sont des *vaisseaux imparfaits*, c'est-à-dire des vaisseaux dérivés de cellules dont la cloison mitoyenne ne se résorbe pas entièrement ; la paroi présente des perforations qui lui donnent l'apparence d'un crible ; c'est de là que vient le nom de *vaisseaux criblés* par lequel on les désigne (*fig.* 46 et 121).

Tantôt, comme dans la courge, la cloison est horizontale et perforée sur toute son étendue ; tantôt, comme dans la

vigne, elle est oblique et possède plusieurs petits cribles.

En raison de leur situation dans la partie de l'écorce appelée

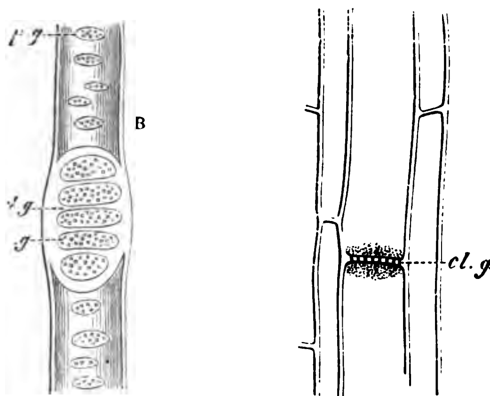


Fig. 46. — Tubes criblés du liber : à gauche, type vigne; à droite, type courge.

liber, on désigne quelquefois les vaisseaux criblés sous le nom de *vaisseaux libériens*.

LES APPAREILS DE LA PLANTE

Chez les plantes phanérogames, et c'est là le critérium de leur degré de perfection, la division du travail organique est poussée très loin.

Les cellules se sont progressivement différenciées, ont donné naissance aux divers tissus que nous venons d'apprendre à connaître, afin de mieux s'adapter aux fonctions spéciales qu'elles ont pour mission de remplir dans l'association.

Nous désignerons sous le nom d'*appareil* un ensemble d'éléments anatomiques appartenant à un ou plusieurs tissus, et appelés à remplir dans l'organisme une seule et même fonction.

Dans le corps d'une plante, nous distinguerons :

1° L'appareil formateur ou *méristème*;

2° — protecteur ou tégumentaire;

3° L'appareil de soutien ou *stéréome* ;
4° — nourricier ;
5° — sécréteur ;
6° — générateur.

Appareil formateur ou méristème. — On le rencontre dans toutes les parties de la plante en voie de croissance, par exemple à l'extrémité de la racine, de la tige, etc. Composé d'éléments très jeunes en voie de cloisonnement, où la vie est très active par conséquent, nous ne serons pas surpris que ces éléments soient représentés par du parenchyme proprement dit (*fig.* 47). Les cellules qui constituent le méristème sont bondées de protoplasma et enveloppées par une membrane cellulaire très mince, capable de s'allonger et de se prêter à des échanges rapides.

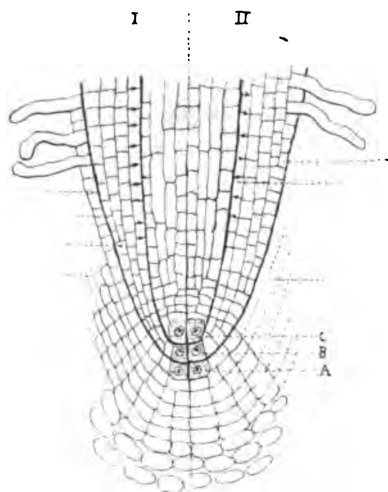


Fig. 47. — Sommet végétatif d'une racine (d'après Parmentier).

Appareil protecteur. — C'est contre le milieu extérieur que la plante doit se défendre ; c'est donc à la surface de la racine, de la tige, des feuilles, des fruits, des graines qu'il faut aller chercher l'appareil protecteur ; il est représenté par l'*épiderme* et ses dépendances, par du *liège* et, chez les graines, par ce qu'on appelle le *tégument*.

Épiderme. — L'épiderme peut être considéré comme la peau de la plante ; il se laisse souvent arracher à l'aide d'une pince, comme dans le chou, l'iris. Il est constitué par une seule assise de cellules rectangulaires très régulières, présentant sur une coupe transversale l'apparence de moellons cimentés les uns aux autres (*fig.* 40, 48 et 55). Trois circonstances princi-

pales font de l'épiderme un revêtement protecteur à la fois très léger et très efficace :

1° La membrane cellulaire en rapport avec l'extérieur s'épaissit, se recouvre d'une lame appelée *cuticule* (*fig.* 48).

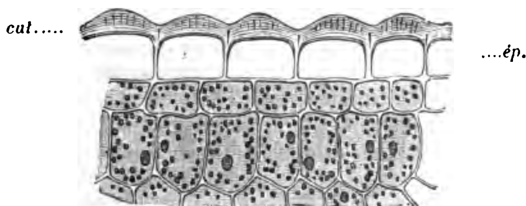


Fig. 48. — Coupe transversale dans une feuille de gui.
ép., épiderme; *cut.*, cuticule stratifiée.

Nous savons déjà que la cuticule est formée de cellulose modifiée, de *cutine*, substance imperméable et presque inattaquable par les réactifs les plus énergiques.

2° Les parois latérales, rectilignes ou sinueuses (*fig.* 49 et 50), sont entièrement soudées les unes aux autres.

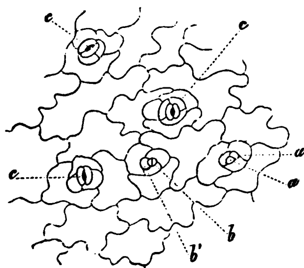


Fig. 49. — Cellules épidermiques sinueuses de la feuille de *Sedum telephium*.

aa', *bb'*, *cc'*, stomates à divers états de développement.

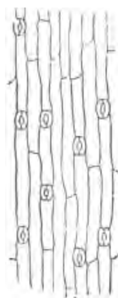


Fig. 50. — Cellules épidermiques à contours rectilignes de la feuille de jacinthe.

3° Les cellules de l'épiderme, quoique vivantes, sont ordinairement remplies d'air et par conséquent mauvaises conduc-

trices de la chaleur. L'épiderme défend la plante contre les influences extérieures les plus diverses qui peuvent lui être nuisibles, morsures d'insectes, pénétration de microbes ou de champignons parasites, mais il a principalement pour mission de la protéger contre une transpiration trop active qui lui ferait perdre plus d'eau qu'elle n'en absorbe.

Toutes les circonstances susceptibles d'agir sur la transpiration, éclairement, température, état hygrométrique et renouvellement de l'air, retentissent sur la structure de l'épiderme et tout particulièrement sur le développement de la cuticule. L'épiderme *s'adapte* au milieu, se modifie au mieux des intérêts de la plante ; ainsi, dans les plantes aquatiques, où le danger d'une transpiration énergique n'existe pas, la cuticule reste rudimentaire ; elle est moins épaisse sur les organes souterrains que sur les organes aériens, sur les plantes des climats tempérés ou des sols frais que sur celles des pays chauds ou des sols secs ; en général, toutes les plantes résistantes à la sécheresse possèdent une cuticule très développée (joubarbe des toits, sedum et autres plantes grasses).

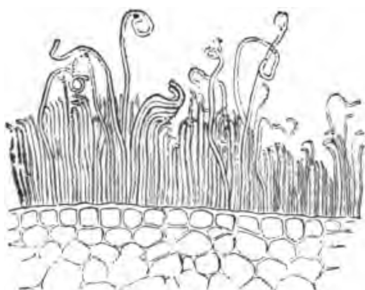


Fig. 51. — Coupe dans la périphérie de la tige de canne à sucre avec sécrétion de cire (d'après de Bary).

Les fourrages des pays chauds révèlent presque toujours à l'analyse une composition chimique satisfaisante. Ils sont cependant de mauvaise qualité : leur membrane épidermique épaisse et cutinisée, rend la mastication de ces fourrages particulièrement laborieuse ; une fois broyés, les sucs digestifs les pénètrent difficilement ; il en résulte une utilisation très imparfaite des matières nutritives qu'ils renferment.

Pendant l'expédition du Mexique, la mortalité des chevaux nourris de foin du pays devenait si inquiétante, qu'il fallut se résoudre à faire venir du foin de France malgré les frais énormes qu'entraînait cette importation. Plus récemment, les

Anglais ont fait la même expérience au Transvaal avec les chevaux importés d'Europe.

Pour réduire la transpiration, l'épiderme des feuilles se recouvre de cire qui se présente à l'état de bâtonnets (*fig.* 50) ou de grains amorphes. La *pruine* des fruits n'est pas autre chose qu'un dépôt cireux. Si les céréales peuvent être débarrassées des sanves et des ravenelles par l'application de solutions de sulfate de cuivre, etc., c'est parce que leurs feuilles sont protégées par de la cire, moins abondante sur celles des mauvaises herbes.

Poils; aiguillons. — Les poils sont des dépendances de l'épiderme (*fig.* 40) : ils proviennent de cellules qui font saillie à l'extérieur; les formes qu'ils affectent sont extrêmement variées; nous nous bornerons à en signaler un petit nombre. Les uns sont constitués par une cellule qui s'allonge considérablement tout en restant simple (*fig.* 52); c'est le cas notamment des poils qui garnissent les graines du cotonnier et forment les fils de coton.

Dans la corbeille d'or (*fig.* 53) employée en bordure dans nos jardins, le poil, également unicellulaire, s'est ramifié ; dans

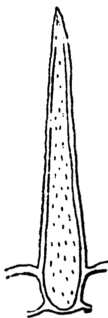


Fig. 52. — Poil d'*Anchusa sempervirens.*

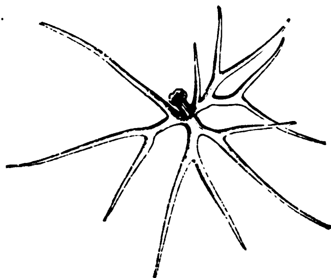


Fig. 53. — Poil d'*Alyssum saxatile.*

le bouillon-blanc, la cellule épidermique s'est cloisonnée et ramifiée (*fig.* 54).

Les *aiguillons*, comme ceux des rosiers, sont également d'origine épidermique, et peuvent se ranger à côté des poils.

En outre des poils dont nous venons de parler et qui sont

des poils morts, il existe des poils vivants comme ceux de l'ortie, du houblon, etc., qui fabriquent diverses substances. Ces poils vivants appartiennent plutôt à l'appareil sécréteur qu'à l'appareil protecteur : nous en parlerons plus loin (p. 80).

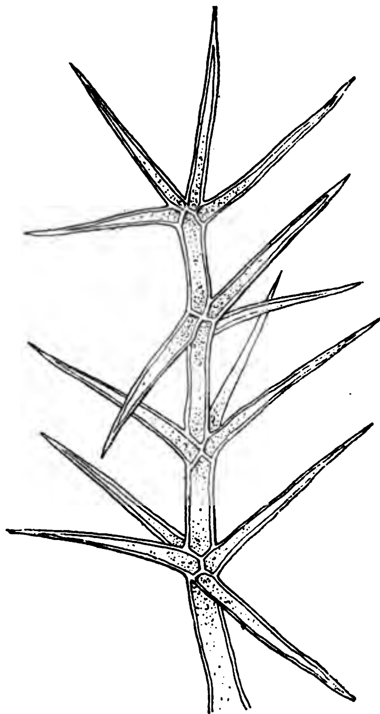


Fig. 54. — Poil de bouillon-blanc.

Les poils, comme la cuticule, protègent la plante contre une transpiration trop énergique, et toutes les circonstances favorables au développement de l'une favorisent le développement des autres.

On sait que le laurier-rose pousse à l'état sauvage dans les endroits très secs des pays chauds, c'est à son épiderme épais

et aussi aux poils protégeant les stomates qu'il faut attribuer sa remarquable résistance à la sécheresse (*fig.* 55).

A l'insu des cultivateurs, le commerce, depuis une vingtaine d'années environ, importe en Europe de grandes quantités de trèfle des prés. Ce trèfle est un émigré européen qui nous est revenu transformé par les étés secs de l'Amérique du Nord. Le trèfle d'Europe porte des poils, mais en petit nombre et ceux-ci sont appliqués sur les organes où on les rencontre.

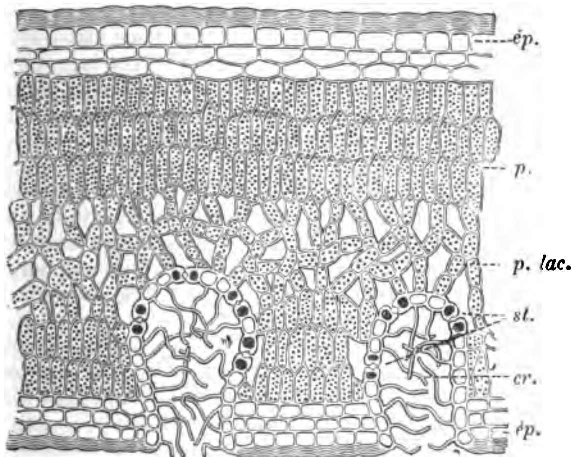


Fig. 55. — Coupe d'une feuille de laurier-rose.

ép., épidermes recouverts par une cuticule épaisse ; *cr.*, cryptes formées par l'épiderme inférieur, garnies de poils feutrés ; *st.*, stomates ; *p. lac.*, parenchyme lacuneux ; *p.*, parenchyme en palissade.

Le trèfle d'Amérique, pour mieux résister à la sécheresse, a développé son système pileux et aujourd'hui, il se distingue aisément de son congénère européen par des poils abondants et dressés qui en diminuent la valeur alimentaire.

Ajoutons qu'il est devenu moins productif, sensible aux froids et aux maladies cryptogamiques, bien inférieur par conséquent à nos trèfles français.

La présence de poils abondants sur une plante, est un indice de rusticité, mais en même temps de médiocre valeur fourragère.

Stomates. — L'épiderme ne forme pas une couche sans solution de continuité, il est percé d'ouvertures en nombre variable qu'on appelle stomates (*fig.* 40, 49, 50, 55). C'est par ces ouvertures principalement, que s'opèrent les échanges gazeux entre la plante et l'atmosphère. Elles se composent de deux cellules vertes en forme de haricots, soudées par leur face concave et laissant entre elles une fente appelée *ostiole* (*fig.* 56).

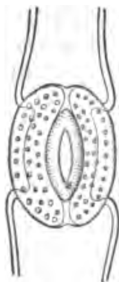


Fig. 56. — Stomate de jacinthe

Par leurs fonctions, elles se rattachent donc à l'appareil nourricier ; nous devons cependant les signaler ici pour indiquer que les stomates affaiblissent le système défensif de l'organisme végétal. Pour prendre un exemple, c'est par les stomates que le mildiou pénètre dans les feuilles de vigne, de pomme de terre, etc.

Liège. — Le liège supplée ordinairement l'épiderme dans les parties âgées de la racine et de la tige. Composé de cellules vides, mauvaises conductrices de la chaleur, possédant une membrane imperméable et presque inaltérable, le liège constitue un excellent agent de protection.

Les pommes de terre arrivées à maturité, doivent à l'enveloppe de liège qui les recouvre, de se flétrir très lentement (*fig.* 25); celles dont la peau est la plus épaisse, sont en même temps celles qui résistent le mieux à la maladie.

Lorsqu'un organe vivant subit une mutilation, c'est du liège qui cicatrise la blessure, isole le tissu vivant de l'extérieur et le met à l'abri des attaques des microbes nuisibles.

C'est une habitude très répandue de couper les grosses pommes de terre de semences ; si on les plante immédiatement après les avoir sectionnées, il arrive assez souvent que des bactéries du sol envahissent le tubercule et pénètrent plus tard dans les tiges de la pomme de terre, déterminant une maladie bien connue sous le nom de gangrène.

La *Richter's Imperator* est particulièrement sujette à cette maladie. Cette circonstance fait qu'aujourd'hui on préfère comme variété à grands rendements la pomme de terre Maercker à la Richter ; sur celle-ci, la Maercker possède en outre l'avantage d'une meilleure conservation. On prévient la gangrène en exposant à l'air les pommes de terre coupées, et assez longtemps à l'avance pour que les sections

se recouvrent d'une couche de liège avant la plantation.

Tégument des semences. — Les semences, chargées de perpétuer l'espèce, doivent, en raison de leur importance physiologique, être dotées d'un appareil protecteur particulièrement efficace ; aussi les cellules de l'épiderme sont-elles ordinairement soutenues ou même entièrement remplacées par une assise de sclérenchyme (*fig.* 57).

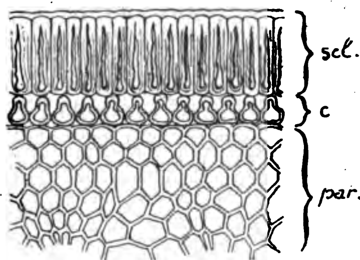


Fig. 57. — Tégument du trèfle des prés.

scl., assise de sclérenchyme ; *c.*, cellules en forme de sablier ; *par.*, parenchyme.

Quand l'épiderme manque, les cellules de sclérenchyme sont néanmoins recouvertes de cuticule. Il arrive souvent que le tégument oppose à la pénétration de l'eau et de l'air une résistance telle que les semences peuvent rester des années en terre humide sans subir d'altération, et, s'il s'agit de semences agricoles, il devient indispensable de recourir à des traitements que nous apprendrons à connaître plus tard, pour y faire pénétrer l'eau nécessaire à la germination. Une fois de plus, nous constatons que le développement d'un appareil protecteur puissant, s'il est favorable à la conservation de l'individu comme à la conservation de l'espèce, présente en revanche l'inconvénient d'en abaisser la valeur agricole.

Appareil de soutien ou stéréome. — C'est au collenchyme et surtout aux fibres ligneuses, qu'est principalement dévolue la fonction de soutenir l'édifice végétal. Nos plantes, envisagées au point de vue mécanique, sont des merveilles de légèreté et de solidité, où l'on retrouve à chaque instant des dispositifs qui rappellent les colonnes creuses, les fers à T, les fers cornières, etc., employés couramment aujourd'hui dans nos constructions modernes.

Examinons rapidement le stéréome d'un chaume de blé. Le chaume nous représente une colonne creuse légèrement conique, à peu près deux à trois cents fois plus longue que large, divisée en quatre ou cinq étages par des planchers établis au niveau des nœuds et supportant un épi dont le

poids s'élève environ au tiers de celui du chaume entier.

Une coupe transversale nous montre le chaume composé d'une couronne de fibres, à l'intérieur de laquelle on aperçoit, disposés en cercle, des faisceaux, sortes de colonnes creuses, en partie composées de fibres et de vaisseaux (*fig.* 58 A).

L'ensemble possède une résistance remarquable.

Le deuxième entre-nœud à partir de la base d'un chaume de blé de belle venue, peut soutenir un poids de 40 kilogrammes avant de se rompre; celui d'un chaume de seigle, jusqu'à 70 kilogrammes. Nous avons calculé que la résistance des fibres à la rupture, fibres qui sont creuses, atteint jusqu'à 14 kilogrammes par millimètre carré; un fil d'acier plein, de même section, ne donne pas un chiffre plus élevé.

Les figures 58 à 63 donneront une idée de la disposition du stéréome dans quelques plantes. Dans ces figures, qui sont théoriques, les éléments qui constituent l'appareil de soutien ont été ombrées; les blancs correspondent à des lacunes ou à du parenchyme.

Dans la molinie bleue, graminée qui mesure jusqu'à $1^{m},50$, sans un seul nœud sur le chaume, le stéréome, composé d'une colonne creuse, renforcée à l'intérieur comme à l'extérieur, est particulièrement intéressant (*fig.* 59 B).

Appareil nourricier. — C'est un appareil très compliqué, dans lequel nous distinguerons :

1° Le système absorbant (*poils radicaux*, *feuilles*);

2° Le système conducteur (*vaisseaux du bois*, *tubes criblés du liber*);

3° Le système assimilateur (*parenchyme vert*);

4° Le système de réserve (*parenchyme amylacé*, *oléagineux*, *aqueux*, *etc.*).

Système absorbant. — La plante puise ses aliments à deux sources, le sol et l'atmosphère.

Nous pouvons distinguer, par conséquent, le système absorbant souterrain et le système absorbant aérien.

Le système absorbant souterrain est représenté par des cellules superficielles de la racine qui se développent en longs poils (*fig.* 64), faciles à observer sur les jeunes racines de blé, de haricot ou de colza germés depuis quelques jours; on donne à ces productions le nom de *poils radicaux*.

Le système absorbant aérien est surtout représenté par le parenchyme des feuilles. Le parenchyme intérieur des feuilles, lequel est ordinairement parcouru, avons-nous vu, par de

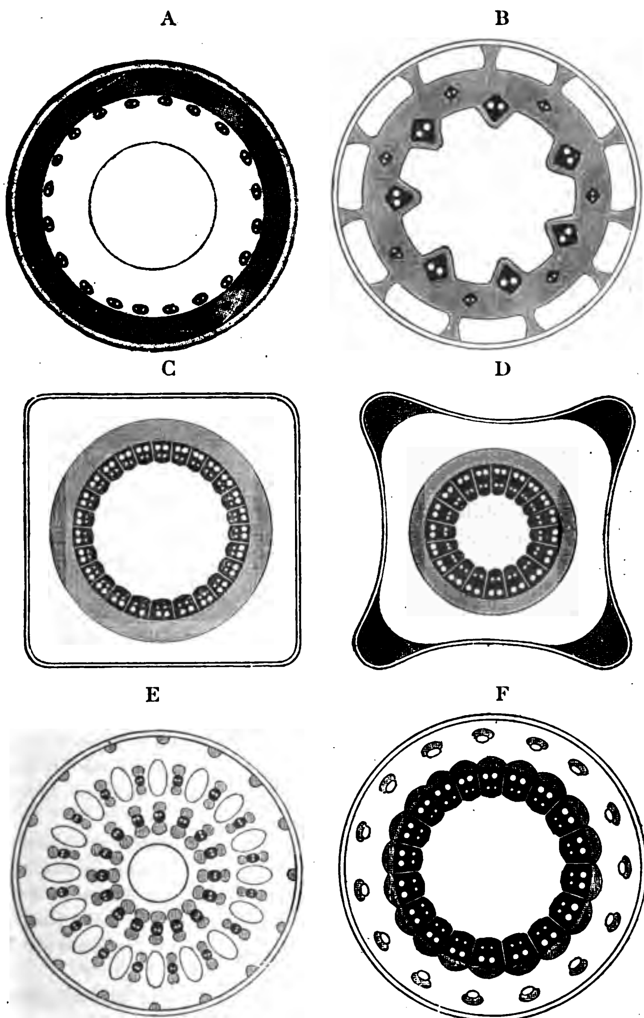


Fig. 58 à 63. — Variations du stéréome dans la tige.

A, blé ; **B**, molinie bleue ; **C**, œillet giroflée ; **D**, aspérule odorante **E**, euryangium ; **F**, jonc glauque.

grandes lacunes qui sont en communication avec l'atmosphère par l'intermédiaire des stomates. Grâce à ces lacunes, l'air chargé d'acide carbonique et de vapeur d'eau baigne les cellules presque de tous côtés. Les cellules épidermiques interviennent aussi dans les phénomènes d'absorption, mais dans une mesure ordinairement très faible, variable d'ailleurs avec l'épaisseur de la cuticule.

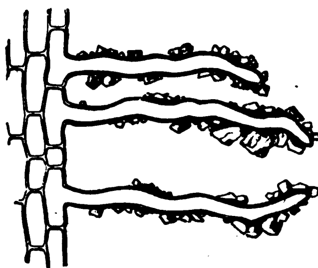


Fig. 64 — Poils absorbants des racines avec particules du sol adhérentes.

Système assimilateur. — C'est par l'intermédiaire des cellules *vertes* seulement, que la plante *assimile*, c'est-à-dire transforme les matières inertes puisées au dehors en matières vivantes.

Avant d'assimiler, les cellules vertes sont bien obligées d'absorber les substances qu'elles mettent en œuvre : elles appartiennent donc à la fois au système absorbant et au système assimilateur.

Les éléments du système absorbant et du système assimilateur jouant un rôle très actif, les cellules qui les composent sont turgescentes, riches en plasma et pourvues de membranes minces.

Remarquons, en outre, que l'ensemble de ces cellules présente au milieu extérieur une surface très considérable si l'on tient compte surtout du faible volume des organes où on les rencontre. Toutes ces circonstances sont éminemment favorables aux échanges nutritifs.

Système conducteur. — Il faut bien que les matières absorbées ou fabriquées dans les poils radicaux et dans le parenchyme vert circulent dans la plante et soient transportées partout où l'organisme réclame de la nourriture; c'est principalement aux vaisseaux qu'il appartient de les transporter à destination.

Les liquides nourriciers qui partent des poils absorbants, disons la *sève brute*, circulent dans les vaisseaux du bois; charriée ensuite dans les feuilles, la sève brute s'y modifie et se transforme en *sève élaborée*, en un liquide comparable au sang

où s'alimentent les divers éléments de l'organisme. Ce sont les *tubes criblés* ou vaisseaux de l'écorce qui sont chargés de transporter la sève élaborée.

Appareil de réserve. — La fabrication des matières organiques n'est pas réglée par la consommation.

Quand la plante en consomme moins qu'elle n'en fabrique, avec l'excédent, elle constitue des réserves de sucre, d'amidon, etc. Mais il s'agit là de dépôts temporaires; un moment viendra où la consommation l'emportera sur la fabrication et alors la plante profitera des économies qu'elle a faites. Pour fixer les idées, prenons une plante bien connue pour ses réserves de sucre, la betterave.

Semée au printemps, c'est à partir du commencement d'août seulement, que sa teneur en sucre s'élève rapidement; elle devient maximum en octobre, au moment où les feuilles jaunissent. Arrachée, la betterave reste vivante, et, déjà dans le silo qui l'abrite du froid, elle consomme du sucre pour son entretien.

Si nous la plantons au printemps, elle consommera le reste du saccharose au profit des nouvelles feuilles, des tiges, des fleurs qui se développent successivement.

Les réserves sont particulièrement abondantes dans tous les organes de multiplication, graines, tubercules, bulbes, boutures.

La jeune plante qui en sort, les consomme au début de son existence, alors qu'elle est incapable de pourvoir à sa nourriture.

Tous les tissus de réserve devant abandonner facilement leur contenu sont formés par du parenchyme à parois minces qu'on désigne quelquefois sous les noms de *parenchyme amylacé*, *oléagineux*, *aquifère*, suivant la nature des substances qu'il renferme.

Dans les pays chauds, certaines plantes font des réserves d'eau pendant la saison des pluies.

Ici encore, le tissu de réserve est un parenchyme délicat composé de grandes cellules, rebondies lorsqu'elles sont pleines d'eau, mais dont les parois se plissent comme celles d'une lanterne vénitienne lorsqu'elles se vident (*fig.* 65).

Appareil sécréteur. — En même temps que l'organisme s'approprie certaines substances, il en rebute d'autres, essences, résines, latex, raphides; ce sont ces déchets du travail organique que l'on rencontre dans l'appareil sécréteur; ils apparaissent :

1° Dans les cellules de l'épiderme (c'est le cas de l'essence

à laquelle la rose doit son parfum), ou dans des poils appelés

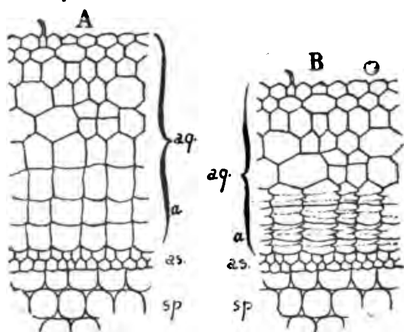


Fig. 65. — Coupe transversale de la face supérieure d'une feuille de pepéromia.

aq., tissu aquifère; *as.*, tissu assimilateur; A, la feuille est gorgée d'eau; B, la même après une période de sécheresse.

pour cette raison *poils sécréteurs* : tels sont les poils de l'ortie (*fig.* 2), du pélargonium, des bractées du houblon qui sécrètent

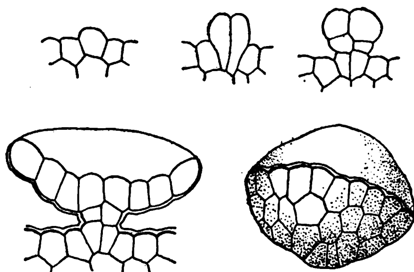


Fig. 66. — Glandes des bractées du houblon à divers états de développement.

la *lupuline*, substance à laquelle celui-ci doit ses propriétés aromatiques (*fig.* 66);

2° Dans des cellules situées plus avant à l'intérieur des organes (*fig.* 67).

Tantôt ces cellules internes sont isolées et non ramifiées

(laurier sauce, camphre); tantôt, tout en restant isolées, elles

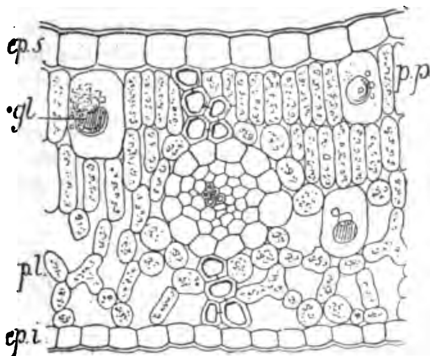


Fig. 67. — Coupe d'une feuille de camphrier montrant les glandes à essence *gl*.
ép. s., épiderme supérieur; *ép. i.*, épiderme inférieur; *p. p*, parenchyme en palissade; *p. l.*, parenchyme lacuneux.

se ramifient indéfiniment comme chez les euphorbes et s'étendent d'un bout de la plante à l'autre, depuis le sommet des racines jusqu'au sommet des feuilles les plus élevées; c'est par kilomètres que se mesure quelquefois le développement de pareilles cellules qu'on appelle encore *vaisseaux laticifères* parce qu'elles charrient un liquide blanc, semi-fluide, appelé *latex*.

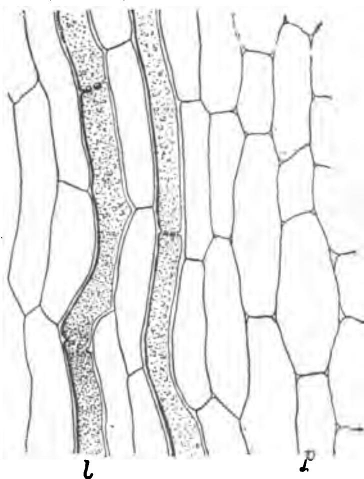


Fig. 68. — Vaisseaux sécréteurs de la chélidoine.

On trouve aussi des canaux provenant de cellules disposées en files, dont les cloisons transversales se sont résorbées plus ou moins complètement.

Dans la *figure* 68 re-

présentant un laticifère de chélidoine, on aperçoit encore une partie des parois transverses.

Le *caoutchouc* provient du latex de plantes des pays chauds.

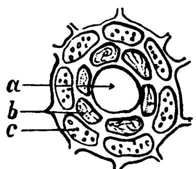
Les produits de la sécrétion, au lieu de s'accumuler dans les cellules sécrétrices, sont parfois rejetés dans une cavité que celles-ci laissent entre elles.

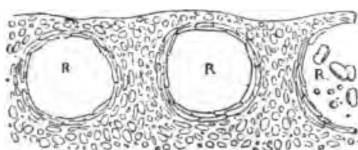
Une coupe faite dans une écorce d'orange montre, au milieu d'un parenchyme, des lacunes arrondies renfermant des gouttelettes d'huile essenticlle; sur le pourtour de la lacune, on aperçoit les cellules qui produisent cette huile (*fig.* 69).

Cellules et cavité constituent ce qu'on appelle une *poche sécrétrice.*

La cavité est un méat formé par les cellules environnantes. Dans les conifères (*pin*, *sapin*), la résine s'échappe des blessures faites à l'écorce et au bois.

Une coupe transversale nous montre les cellules sécrétrices disposées en cercles autour du réservoir de résine





a'
b'
c'

Fig. 69.— Coupe verticale d'une écorce d'orange.

Fig. 70 (*).

(*) *aa'*, canal résinifère de conifère où viennent s'accumuler les produits de sécrétion des cellules environnantes; *bb'*, cellules sécrétrices; *cc'*, cellules normales.

(*fig.* 70) ; la coupe longitudinale nous fait voir qu'elles sont superposées les unes aux autres et limitent une cavité cylindrique appelée *canal sécréteur* ou encore *canal résinifère.*

Appareil reproducteur. — L'ensemble des appareils dont il vient d'être question peut être réuni sous le nom d'*appareil végétatif*; il pourvoit à la conservation de l'individu; la conservation de l'espèce est assurée par l'appareil reproducteur; nous l'étudierons un peu plus tard.

DEUXIÈME PARTIE

ÉVOLUTION DES PHANÉROGAMES

Les notions générales qui précèdent, sont suffisantes pour que, dès à présent, nous puissions étudier avec fruit l'organisation et le fonctionnement des phanérogames.

La plante nous est donnée sous forme de semence; nous ferons germer celle-ci et nous suivrons la plantule à laquelle elle donne naissance, pendant tout le cours de son évolution. Nous serons ainsi amenés à nous occuper successivement des semences à l'état de vie active, puis des racines, des tiges, des feuilles, des fleurs et des fruits.

CHAPITRE PREMIER

LES SEMENCES

Semence signifie germe d'un individu nouveau. C'est *l'œuf* du végétal, la plante future en miniature ; elle en résume tous les caractères, les défauts comme les qualités. « Telle semence, telle moisson », dit le proverbe. La notion de l'influence de la semence sur la récolte est tellement certaine, qu'on la trouve exprimée dans toutes les langues et sous les formes les plus diverses. Le chapitre des semences est donc l'un des plus importants de la botanique agricole.

Classification des semences agricoles. — Les semences agricoles se divisent en deux groupes : les semences sèches (graines, fruits) et les semences aqueuses (tubercules, boutures, bulbes).

Les premières se conservent d'ordinaire sans difficulté pendant plusieurs années ; nous les faisons sortir de leur engourdissement, de leur état de *vie latente* dit-on, à tel moment qui nous convient le mieux, en réunissant autour d'elles les conditions favorables à la germination.

La conservation des semences riches en eau est délicate ; c'est la saison qui nous commande : quand vient le printemps, il faut les mettre en terre sous peine de les voir s'altérer rapidement.

Notons également dès à présent, pour y revenir par la suite, un caractère important qui distingue les semences sèches des semences aqueuses. Les tubercules, les boutures, les bulbes sont des organes végétatifs, de simples fragments d'un individu donné ; ils *multiplient* le pied mère, le conservent dans toute son intégrité,

avec tous ses caractères : on dit que *l'hérédité est complète.*

Une graine *reproduit* les plantes qui lui ont donné naissance. Elle provient de la *combinaison* de deux cellules distinctes, l'une mâle, l'autre femelle, empruntées presque toujours à des individus différents.

S'il y a combinaison, et l'observation le démontre, rien de surprenant qu'une graine engendre une plante dans laquelle on trouve, à côté de caractères communs au père et à la mère, des caractères nouveaux qui constituent en quelque sorte sa personnalité, et la distinguent de toutes les plantes voisines : *l'hérédité est incomplète.*

Une variété de vigne, de pomme de terre, de tulipe est fixée, quand on la multiplie au moyen de boutures, de tubercules, de bulbes. La reproduit-on de semis, on est exposé à la voir dévier plus ou moins du type dont elle descend.

Ces déviations seront très fréquentes dans une espèce et très rares dans une autre : les blés, les avoines, les céréales en général, sont à peu près complètement fixes. Nous avons semé des graines de pommes de terre provenant d'une même baie, et nous en avons obtenu quatre sortes de tubercules se distinguant par la coloration de la peau. Il eût suffi de planter séparément ces différents types de tubercules afin d'obtenir quatre variétés distinctes.

On a tiré grand parti de ces variations pour l'amélioration des espèces cultivées.

Les semences sèches, de beaucoup les plus importantes, sont celles qui, pour le moment, retiendront exclusivement notre attention.

Sens du mot « graines » en agriculture. — Les agriculteurs désignent sous le nom de *graines* toutes les semences sèches, dans lesquelles il y aurait cependant lieu de distinguer :

1° Les graines proprement dites (colza, pois) ;

2° Les fruits simples (blé, sainfoin) ;

3° Les fruits composés (betterave, pimprenelle) qui

proviennent de la soudure de plusieurs fruits. Chaque semence est capable de produire plusieurs germes.

Si la terminologie employée par les agriculteurs est erronée, elle a du moins le mérite d'être commode ; c'est la raison qui nous la fera conserver.

Des semences à l'état de repos, des phénomènes qui s'y poursuivent lorsqu'elles sont en magasin (hygroscopicité, respiration, transpiration), il sera question par la suite ; pour le moment, nous nous bornerons à indiquer rapidement les particularités de structure qui peuvent nous fournir des indications utiles sur leurs propriétés agricoles.

MORPHOLOGIE DES SEMENCES

Choisissons comme types, des semences de graminées et de légumineuses, les deux familles botaniques les plus intéressantes pour l'agriculteur, un haricot et un grain de blé. En les coupant (*fig.* 71 et 72), nous distinguons immédiatement : 1° une enveloppe ou *tégument*; 2° une *amande*.

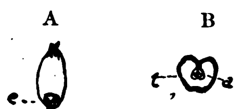


Fig. 71. — A, Grain de blé de grandeur naturelle, *e*, embryon ; B, coupe transversale ; *t*, tégument; *a*, amande.

A. ***Tégument.*** — Examinons au microscope le tégument dont la structure est la plus compliquée, le tégument du haricot qui ressemble beaucoup à celui du trèfle des prés (*fig.* 57). Nous y découvrons notamment : 1° une assise de sclérenchyme; 2° de la matière colorante qui imprègne celui-ci.

I. Nous connaissons déjà le sclérenchyme, comme un tissu protecteur très résistant.

Le tégument des haricots, des pois, des fèves, et en général celui des grosses semences de légumineuses, se laisse facilement traverser par l'eau ; il s'ensuit que celles-ci se gonflent et germent rapidement ; mais il en est tout autrement de la plupart des petites semences de la même famille (trèfles, luzernes, lotiers, mélilots, etc.).

Nous avons égrené à la main, pour ne pas blesser les semences, du trèfle violet parvenu à complète maturité; 86 sur 100 n'ont pas voulu germer quoiqu'elles fussent de très belle apparence; après avoir trempé dans l'eau pendant dix jours, ni la couleur violette, ni le volume ne se sont modifiés. Nous possédons des trèfles qui baignent dans l'eau depuis quatre ans et dont les graines sont encore intactes. C'est l'imperméabilité de la couche superficielle du tégument qui est la cause de cette inertie, car si nous piquons légèrement le grain avec la pointe d'une aiguille, si nous ouvrons une porte à l'eau, il se gonfle presque immédiatement; deux ou trois jours après, il germe lorsqu'on le place dans les conditions que nous préciserons dans un instant.

Semences dures. — Nous appellerons désormais *semences dures*, les semences qui n'ont pas encore absorbé d'humidité après être restées dans l'eau pendant une dizaine de jours au moins.

Les trèfles, les luzernes qu'emploient les cultivateurs, germent à 90 p. 100 et plus quand ils sont de bonne qualité; ils renferment quelques semences dures seulement parce que, dans les machines à battre, ils ont été soumis à des frictions et à des chocs répétés qui ont blessé le tégument.

Les lotiers, qui s'égrènent en les frappant très légèrement, fournissent nécessairement beaucoup de graines dures.

En outre des légumineuses, signalons comme produisant des graines dures en forte proportion :

1° Certaines mauvaises herbes de nos climats (cuscute, liseron, mouron, mercuriale, etc.). On comprend que leurs semences se conservent très longtemps dans les terres, dans les fumiers et les composts, que les eaux d'irrigation, comme les fumiers, propagent ces mauvaises espèces, et qu'enfin il soit si difficile d'en purger les cultures.

2° Les plantes à caoutchouc et nombre d'espèces des pays chauds. Si l'Algérie, par exemple, ne possède pas

de prairies artificielles analogues à nos trèfles et à nos sainfoins, cela tient à ce que les légumineuses sauvages qu'il pourrait y avoir intérêt à domestiquer, possèdent des semences dures dont la germination est très capricieuse et très insuffisante.

La *dureté* des semences n'est cependant pas un obstacle à leur utilisation, car, avant de les semer, on peut entamer le tégument sans nuire à l'amande :

1° S'il s'agit de grosses semences, en l'usant partiellement avec une lime;

2° Les petites semences sont mélangées à du sable fin à arêtes vives et battues énergiquement ;

3° On recourt encore à des moulins réglés de façon que les meules blessent l'enveloppe sans toucher à l'amande;

4° Nous avons enfin obtenu une germination régulière du sulla, plante des plus précieuses pour l'agriculture des pays chauds, en plongeant les semences dans l'eau bouillante pendant cinq minutes. La durée du traitement n'est pas invariable : il faut, pour chaque lot, la déterminer par un essai préalable sur une petite quantité. Quelques semences ont résisté à un ébouillantage qui s'est prolongé pendant une heure et demie. — Exemple plus extraordinaire : dans une luzerne sauvage, la luzerne maculée, nous en avons trouvé qui ont supporté, sans altération, une ébullition de *sept heures*.

II. La *matière colorante* du tégument des semences s'oxyde facilement et devient rougeâtre ; la lumière et l'humidité accélèrent beaucoup cette oxydation. Il faut par conséquent conserver les semences colorées à l'obscurité et dans un local sec. Des semences possédant une mauvaise teinte sont suspectes : elles sont âgées ou bien elles ont été récoltées ou conservées dans de mauvaises conditions; dans ce dernier cas, elles possèdent une odeur de moisi plus ou moins prononcée.

Il arrive cependant que des semences de mauvaise apparence se montrent de bonne qualité : c'est lorsque le tégument seul a été altéré ; avant donc de con-

damner un lot suspect, il faut le soumettre à un essai de germination.

B. ***Amande***. — Dans l'amande, nous trouvons :

1° Un *embryon* : c'est la plante en miniature, dans laquelle nous découvrons déjà une tige (*tigelle*), une racine (*radicule*) et un bourgeon terminal (*gemmule*) (*fig.* 72 et 73) ;

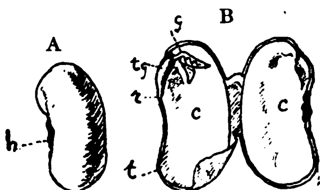


Fig. 72.

A, haricot grandeur naturelle : *h*, hile ; B, le même fendu longitudinalement montrant le *tégument* ; l'*amande* avec les deux cotylédons *c*, *c* ; la plantule dans laquelle on distingue la radicule *r*, la tigelle *t*, et la gemmule *g*.

2° Une *réserve* : c'est le magasin dans lequel la plantule s'alimente jusqu'au moment où elle est capable d'emprunter sa nourriture au sol et à l'atmosphère.

Dans le haricot, la réserve est représentée par deux feuilles de nature spéciale fixées à la tigelle ; elles dépendent par conséquent de l'embryon. Ces feuilles, gorgées d'amidon et d'aleurone, s'appellent *cotylédons* et plus rarement *feuilles séminales*.

Les cotylédons embrassent l'embryon ; sur un haricot dont on a enlevé le tégument, il apparaît sous la forme d'un petit corps presque cylindrique ; la pointe de la radicule se termine tout près du *hile* ou ombilic, (*fig*. 72, A), petite tache qui correspond au point d'attache du haricot à la plante mère.

Dans le grain de blé, la réserve, composée d'amidon et de gluten, porte le nom d'*albumen* ; l'embryon, niché à la base du grain, repose sur ce qu'on appelle le *scutellum* (*fig*. 73), que l'on considère comme un cotylédon. Le haricot est une *dicotylédone*, le blé une *monocotylédone*. Dicotylédones et monocotylédones constituent les deux grands embranchements du groupe des phanérogames.

Supériorité des grosses semences. — Les embryons

sont très petits, si on les compare à la réserve ou à la masse totale de la semence.



Fig. 73. — Grain de blé fortement grossi. Coupe longitudinale passant par la fente du grain et par l'axe de l'embryon.

r, radicule; *t*, tigelle; *g*, gemmule; *s*, scutellum; *m*, micropyle.

L'expérience démontre que les semences les plus grosses, les plus lourdes, sont celles qui renferment les embryons les plus développés. Nous avons constaté qu'elles donnent naissance aux plantes les plus productives et les plus résistantes au froid, aux champignons, etc.

L'emploi des semences lourdes constitue la méthode d'amélioration la plus recommandable pour les agriculteurs qui ne peuvent soumettre les plantes cultivées à une sélection méthodique, permettant de découvrir les individus les plus parfaits, susceptibles d'être utilisés comme reproducteurs. Suivant les espèces, on se sert de tamis, de trieurs, de solutions de différentes densités, de tarares pour extraire d'un lot donné les semences les plus précieuses.

PHYSIOLOGIE DES SEMENCES

Germination. — Chez les plantes, la première phase de ce qu'on appelle la *vie manifestée*, porte le nom de *germination*.

Elle s'étend depuis le moment où la semence sort de son état de torpeur, jusqu'à celui où la plantule, pourvue de matière verte, puise sa nourriture dans le sol et dans l'atmosphère. La germination est la période d'incubation de l'*œuf végétal*.

Conditions nécessaires à la germination. — Pour que la germination s'engage, il faut que la semence d'une part, le milieu d'autre part, satisfassent à un certain nombre de conditions.

A. Conditions auxquelles doit satisfaire la graine. — Les conditions de semences, qu'on appelle aussi *conditions internes* ou *conditions intrinsèques* de la germination, sont au nombre de quatre :

1° Il faut que la semence soit bien constituée dans toutes ses parties ;

2° Que le tégument soit perméable à l'eau ;

3° Que l'amande soit mûre intérieurement ;

4° Il faut enfin, qu'ayant acquis la maturité interne, elle ne l'ait pas perdue.

1° *Constitution de la semence.* — Il est évident qu'une semence dépourvue d'embryon ne saurait germer.

La destruction à peu près totale de la réserve et du tégument, soit par le battage, soit par l'attaque des alucites, des bruches, des charançons, etc., n'entraîne pas l'incapacité germinative.

Mais de pareilles semences fournissent des plantes chétives. Les semences défectueuses qui se distinguent des semences normales, ou par une moindre densité, ou par un moindre volume, sont faciles à éliminer par un vannage ou par un criblage ; s'il s'agit de semences assez denses, on les jettera dans l'eau : les plus légères remonteront à la surface.

2° *Tégument.* — Nous avons déjà parlé des semences *dures* (page 87) ainsi que des pratiques très simples auxquelles il convient de recourir pour entamer le tégument et ouvrir un accès à l'eau extérieure.

3° *Maturité interne de l'amande.* — On dit généralement qu'une semence est *mûre*, quand, arrivée à son complet développement, elle se détache sans difficulté de la plante mère. Nous désignerons désormais cet état, sous le nom de *maturité externe* ou *maturité morphologique*, qu'il ne faut pas confondre avec la *maturité interne* ou *maturité physiologique*. Pour germer, les semences doivent être mûres *intérieurement*, c'est-à-dire renfermer des diastases susceptibles d'en dissoudre les réserves et de les rendre ainsi assimilables pour le jeune embryon. Chez les graminées, la maturité interne pré-

cède la maturité externe. Du blé, du seigle, du ray-grass, etc., récoltés quand l'amande est à peine formée, germent aussi complètement, aussi rapidement que les semences de grosseur normale ; la faculté germinative des graminées ne donne point par conséquent la mesure de leur valeur agricole ; elles peuvent très bien être de médiocre qualité, et cependant germer convenablement.

Arrachons des pommes de terre lorsque les tiges sont complètement desséchées ; plaçons-les ensuite pendant plusieurs semaines et même pendant plusieurs mois dans une terre chaude et fraîche, elles refusent obstinément de pousser. Plaçons également dans les conditions les plus favorables à la germination, des semences nouvellement récoltées de ravenelle, de moutarde des champs, semences bien conformées, à tégument perméable : 2 à 3 p. 100 à peine entreront en germination ; les autres pourront, durant des années, rester dans le sol exposées aux alternatives de sécheresse et d'humidité, de chaleur et de froid, avant de sortir de leur inertie physiologique.

Ce n'est qu'après un temps plus ou moins long, variable d'un individu à l'autre, que la maturité interne est atteinte.

Lorsqu'elles ne sont pas *dures*, la plupart des semences de plantes sauvages (coquelicot, nielle, bourse-à-pasteur, etc.) se comportent comme la moutarde et la ravenelle ; on s'explique que les meilleurs agriculteurs eux-mêmes, emploient des années à purger le sol des germes de mauvaises plantes qui les empoisonnent.

Le cerfeuil bulbeux, la clématite, le lilas, l'aubépine, le pêcher et la plupart des semences de fruits à noyaux, commencent à germer la deuxième année qui suit la récolte.

Certaines années, le blé, que nous venons de voir germer avant même d'être entièrement formé, lève lentement et incomplètement pendant les premières se-

maines et parfois pendant les premiers mois qui suivent la moisson.

C'est lorsque la maturité et la récolte s'étant poursuivies par un temps humide, les semences renferment un excès d'eau. En les séchant partiellement, nous avons constaté que la levée devient plus rapide et plus complète. Chacun sait que les brasseurs ne maltent pas d'orge indigène nouvelle, dont la germination est lente et capricieuse; ils attendent qu'elle ait passé l'hiver.

Ces considérations nous montrent combien il importe de déterminer la faculté germinative des semences quels qu'en soient l'âge et la provenance.

4° *Longévité des semences.* — Des phénomènes d'oxydation lente, phénomènes du même ordre que ceux qui font acquérir aux semences la maturité interne, leur font perdre leur vitalité. La longévité des semences est très variable. Celles qui possèdent un tégument imperméable ou chez lesquelles la maturité interne se fait attendre, vivent extrêmement longtemps; des sanves extraites des débris de démolition d'une chapelle vieille de trois siècles au moins ont germé normalement.

Dans un échantillon de trèfle des prés, à demi décomposé, de la récolte de 1877, nous avons trouvé en 1900, des semences dures parfaitement saines.

On cite de nombreux exemples plus extraordinaires encore. La très grande majorité des semences de nos plantes cultivées, conserve toute sa vitalité pendant plusieurs années, à la condition d'être *bien sèches* ; la dessiccation artificielle, qu'elles supportent beaucoup mieux qu'on ne l'admet, rendrait certainement de grands services aux marchands grainiers pour la conservation des semences délicates.

Il n'y a aucun inconvénient à se servir de semences surannées, à la condition toutefois que la *proportion* de semences germantes et l'*énergie* avec laquelle la germination s'engage, ne soient pas inférieures à celles des semences nouvellement récoltées.

Notons que les semences de saule, de peuplier ne

germent que si on les met en terre dès qu'elles se détachent de l'arbre ; les semences forestières, exception faite de celles des conifères, perdent très vite leur faculté germinative.

B. Conditions auxquelles doit satisfaire le milieu extérieur. — La germination étant un phénomène vital, pour se produire, le milieu extérieur doit être : 1° *aéré* ; 2° *humide* ; 3° suffisamment *chaud* (Voy. p. 50).

1° *Influence de l'air.* — Remplissons un verre de blé ou de haricots et versons-y de l'eau, de façon que les semences en soient complètement recouvertes. Si la température du local est favorable, seules, les semences de la surface entreront en germination ; celles du fond du verre, privées d'oxygène, seront asphyxiées et tomberont bientôt en décomposition. En renouvelant l'eau plusieurs fois par jour, pour qu'elle reste aérée, la germination sera complète.

2° *Influence de l'humidité.* — L'humidité ramollit le tégument et le prépare à se rompre pour livrer passage à la jeune plante ; les cellules de l'amande qui ont absorbé de l'eau, deviennent turgescentes, se gonflent et déchirent le tégument ; enfin, l'eau dissout et charrie les réserves.

Dans les terres humides, l'eau stagnante privée d'oxygène asphyxie les semences ; dans de l'eau courante au contraire, la germination se poursuit normalement. Ce n'est pas l'excès d'humidité, mais le défaut d'aération qui nuit à la germination.

3° *Influence de la température.* — Les semences que nous mettons en terre à l'automne et au premier printemps, commencent à germer à partir de 1° ; elles poussent sous la neige lorsque celle-ci tombe sur une terre dont la température dépasse 4° environ. Les plus exigeantes sont les semences d'espèces originaires des régions méridionales (maïs, millet, sorgho, alpiste, haricot, lupin, tabac, etc.) ; étant habituées de longue date à des températures élevées, elles sortent de leur inertie seulement à partir de 8-10° ; de là, l'obligation

de semer très avant dans la saison et parfois même sur couches afin de gagner du temps.

La température la plus favorable, sensiblement la même pour toutes les espèces agricoles, oscille autour de 25-28°. Plus on s'en rapproche, moins longue est la durée de la germination.

A partir de 35-38°, la germination devient impossible.

Influence favorable d'une température variable.— Les petites semences, celles des graminées fourragères notamment (paturin, dactyle, etc.), doivent être à peine enterrées pour se développer normalement ; elles subissent par conséquent des variations marquées de température aux différentes heures du jour et de la nuit ; adaptées à ces conditions spéciales, plusieurs d'entre elles ne germent bien dans le laboratoire, que si on réalise ces conditions ; il est indispensable de faire varier la température du local où se poursuit l'expérience ; aussi, dans les stations d'essais de semences, les étuves de germination sont-elles chauffées pendant dix-huit heures à 20°, et pendant six heures à 28°.

Phénomènes morphologiques de la germination. — Une semence mise en germination absorbe de l'eau, puis fait éclater le tégument qui l'emprisonne. C'est d'abord la radicule qui, sous forme d'un cône allongé d'un blanc d'ivoire, se fait jour au dehors (*fig.* 74), puis c'est le tour de la tigelle et de la gemmule.

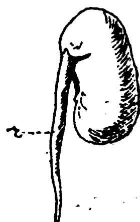


Fig. 74. — Haricot au début de la germination radicale.

r, radicule.

Dans les semences saines et vigoureuses, la tigelle comme la radicule se dégagent immédiatement du tégument (*fig.* 74 et 75 A) ; quand les semences sont affaiblies par l'âge ou par toute autre cause, la tigelle rampe pendant quelque temps entre l'amande et l'écorce qu'elle n'a pas la force de déchirer (*fig.* 75 B et C); des radicules translucides plus ou moins contournées dénotent également la mauvaise qualité des semences.

Phénomènes physiologiques de la germination. — Pendant la germination, la graine se com-

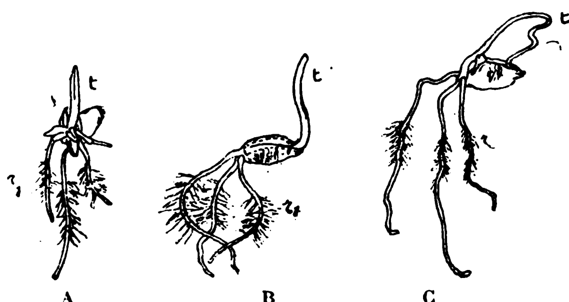


Fig. 75. — Blé en germination.

A, germination d'un grain sain; B et C, germination de grains malades; *r*, radicelles; *t*, tigelle.

porte comme l'œuf de poule; la plantule, de même que le poussin, est un être destructeur d'aliments: le bras-

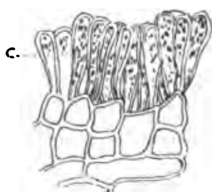


Fig. 76. — Cellules du scutellum sécrétant la diastase.

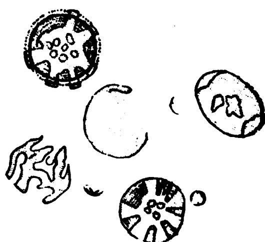


Fig. 77. — Grains d'amidon de blé rongés par la diastase.

seur qui fait germer de l'orge pour en fabriquer de la bière, ne retrouve déjà plus dans le malt que 88 p. 100 environ des matières contenues dans le grain quoique la germination soit arrêtée presque à ses débuts. Le scutellum sécrète des diastases (*fig.* 76) qui solubilisent l'amidon (*fig.* 77), les matières grasses, les matières

azotées des réserves. Ces matières prennent une « forme de voyage » qui leur permet de circuler de cellule à cellule jusqu'au point où elles sont consommées. Leur composition se simplifie ; une certaine quantité est assimilée, s'incorpore à la substance de l'embryon et contribue à son accroissement ; le reste est brûlé par la respiration et transformé en acide carbonique et en eau. La combustion est assez active, pour qu'un thermomètre placé dans un entonnoir rempli de graines en germination, indique une température supérieure de plusieurs degrés à celle de l'atmosphère ambiante (*fig.* 78).

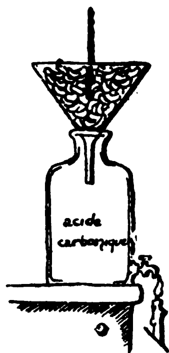


Fig. 78. — Chaleur dégagée par des haricots en germination.

En disposant l'expérience comme l'indique la *figure* 78, l'acide carbonique dégagé par les semences, plus lourd que l'air, s'accumule dans le flacon ; en ouvrant le robinet, on peut faire tomber l'acide carbonique sur une bougie allumée qui s'éteint immédiatement.

Durant la période germinative, la plantule tolère seulement les aliments organiques que lui offre la réserve ; les substances minérales dont elle fera plus tard sa nourriture exclusive, nitrate, sels de potasse, etc., lui sont nettement nuisibles. Le *pralinage*, pratique recommandée en agriculture en vue de favoriser le développement de la plantule, pratique qui consiste à tremper les semences sèches dans du purin, dans des solutions diverses, ou à les enrober de matières nutritives, va à l'encontre du but que l'on se propose.

Tandis que le poussin restera un destructeur d'aliments pendant toute son existence, la plantule, au contraire, du jour où, pourvue de chlorophylle, on l'exposera à la lumière, deviendra un être organisateur.

Circonstances diverses qui influent sur la ger-

mination des semences. — 1°. On débarrasse les semences sèches des insectes parfaits ou des larves qui les attaquent, — les chrysalides et surtout les œufs sont beaucoup plus résistants, — à l'aide d'une substance des plus efficaces, le *sulfure de carbone*. Un traitement de quelques heures suffit pour détruire les parasites; nous avons constaté qu'après vingt-quatre heures les semences n'ont subi aucune altération.

2° Le *sulfate de cuivre* utilisé pour traiter les semences de céréales contre la carie est un poison violent de la cellule végétale; il tue invariablement les grains plus ou moins mutilés par la machine à battre.

Dans l'emploi de cette substance, il faut donc se conformer rigoureusement aux indications des ouvrages d'agriculture, si l'on veut éviter des accidents.

3° Au cours de la germination l'embryon puisant exclusivement sa nourriture dans la réserve qui l'accompagne, les semences demandent simplement au *sol* d'être aéré, chaud et suffisamment humide, bref de posséder de bonnes propriétés physiques; dans du sable stérile, du verre pilé, sur des éponges, de la flanelle ou du papier buvard imbibés d'eau, la germination se poursuit tout aussi bien que dans la terre végétale; les stations d'essais de semences donnent même la préférence aux germoirs en papier buvard sur les semis en pleine terre, germoirs qui permettent de suivre aisément les semences pendant toute leur évolution.

4° Par les substances chimiques qu'elle tient en dissolution, la terre peut exercer une action nuisible.

Il est prudent, par exemple, d'enfouir la *kaïnite*, sel brut de potasse, une semaine au moins avant les semailles de céréales et de pommes de terre, surtout en terres siliceuses, qui possèdent pour la potasse un faible pouvoir absorbant.

Le *crüd ammoniac*, sulfate d'ammoniaque impur, est particulièrement dangereux à cause des *sulfocyanures* qu'il renferme; nous en dirons autant de la chaux provenant, comme le crüd ammoniac, de l'épuration du

gaz d'éclairage. Il est indispensable de répandre ces substances à la surface du sol plusieurs mois avant de les enfouir.

L'engrais humain est parfois désinfecté avec de l'*acide phénique*, du *sulfate de zinc*, etc., toutes substances nuisibles à la végétation; par des essais préalables sur de petites surfaces, on détermine les doses qu'il ne faut pas dépasser.

Les autres engrais solubles, bien divisés et bien répandus uniformément, appliqués à des doses normales, n'exercent pas d'action sensible sur la germination.

Si nous enterrons les semences, c'est pour les préserver de la sécheresse, des attaques des animaux, pour permettre à la jeune plante de s'enraciner convenablement. Contrairement à l'opinion généralement admise, la *lumière* est nettement favorable à la germination ; ce sont les rayons calorifiques qui se montrent particulièrement actifs.

Germinateurs, vigorisateurs, excitateurs végétaux. — Sous ces différentes dénominations, on offre aux agriculteurs des produits destinés à accélérer la germination, produits dont on asperge les semences après les avoir dissous dans l'eau.

Leur action est parfois nulle, presque toujours nuisible. S'il arrive de constater chez les graines traitées une avance sur celles qui ne le sont pas, c'est que ces dernières sont *sèches* quand on les sème, alors que les autres ont déjà absorbé de l'eau; les conditions de l'expérience ne sont donc pas comparables. L'avantage reste au contraire aux semences non traitées, quand on les humecte avec une quantité d'eau ordinaire égale à celle qui a été employée pour dissoudre le prétendu vigorisateur.

Comment accélérer la germination? — Pour hâter la germination des semences confiées au sol, un seul procédé a fait ses preuves.

Voici en quoi il consiste :

Les semences sont trempées dans l'eau ordinaire pendant douze à vingt-quatre heures — le temps de pénétrer à peu près jusqu'au centre de l'amande; — on les abandonne ensuite en tas dans un local à la température de 15-20°, et, pour que les semences respirent convenablement, on prend le soin de déplacer le tas matin et soir, et de l'asperger légèrement quand la masse paraît se dessécher. On exécute les semailles deux ou trois jours avant la sortie de la radicule. Ce procédé si simple est trop peu connu, malgré les services qu'il pourrait rendre, notamment avec des semences à germination lente, telles que la carotte, la betterave, es conifères, etc., etc., ou celles qui en raison de leur volume (fèves, féveroles, haricots, pois), mettent plusieurs jours pour absorber l'eau nécessaire à la germination.

Analyse des semences. — Pour juger de la valeur d'un lot de semences, l'agriculteur procède généralement d'une façon extrêmement sommaire : il en prélève une poignée qu'il presse d'abord entre les doigts pour se rendre compte de son état de siccité : si elle laisse une impression de sécheresse, si les semences « coulent » facilement, et ne possèdent pas une odeur de moisi, il en conclut qu'elles sont saines.

Il les soupèse ensuite, en examine rapidement la grosseur, la couleur, les impuretés, se renseigne sur le poids de l'hectolitre, et l'épreuve est terminée. Cette méthode d'appréciation notoirement insuffisante conduit parfois les hommes les plus expérimentés eux-mêmes, à commettre des erreurs grossières. Sauf de rares exceptions, les essais de semences comportent l'intervention de la balance, de la loupe, du microscope, de réactifs divers.

Pour apprécier exactement la valeur des semences agricoles, on doit déterminer :

1° L'*identité botanique* ; s'assurer que la dénomination sous laquelle on les présente est exacte, qu'elles appar-

tiennent bien au genre, à l'espèce et à la variété indiqués sur l'étiquette ;

2° L'*identité d'origine*; rechercher si cette origine les rend aptes à supporter le climat de la région où l'on se propose de les cultiver;

3° Le degré de *pureté* pour cent, en distinguant les impuretés inertes des impuretés dangereuses telles que la cuscute, les sanves, etc.;

4° La *faculté germinative* pour cent ;

5° L'*énergie germinative* : les semences de bonne qualité germent rapidement et presque toutes en même temps ;

6° Le poids de mille semences (Voy. p. 89) ;

7° La teneur en eau.

Les essais de laboratoire s'imposent d'autant plus que les semences sont l'objet de fraudes sur l'origine, la nature, la quantité et la qualité de la marchandise.

Il y a seulement une quinzaine d'années, les falsifications étaient fréquentes dans le commerce des semences fourragères. D'un autre côté, pour la plupart des espèces vivaces qui doivent former le fond des prairies permanentes, les bonnes semences étaient introuvables, car elles n'étaient pas l'objet d'une culture spéciale ; de là, des échecs sans nombre et les préventions qui règnent encore contre les semences du commerce pour la création des prairies. Ces préventions ne sont plus justifiées aujourd'hui. Les falsifications deviennent de plus en plus rares. *En même temps que la qualité des semences fourragères s'est grandement améliorée, les prix ont notablement diminué.*

Achat des semences agricoles. — Quand un agriculteur achète des semences, il doit demander expressément au vendeur, de lui indiquer sur la *facture* :

1° Le nom exact et l'origine de la marchandise ;

2° La pureté pour cent, et l'absence d'impuretés nuisibles, de cuscute dans les légumineuses fourragères, de pimprenelle dans le sainfoin double ;

3° La faculté germinative pour cent et l'énergie germinative ;

4° Le poids de mille grains.

A l'arrivée, on prélève, en présence de témoins, deux échantillons moyens qui sont cachetés : l'un est adressé à la station d'essais de semences de l'Institut agronomique, 16, rue Claude-Bernard, à Paris ; l'autre reste entre les mains de l'acheteur pour servir à une contre-analyse en cas de contestation.

Au lieu de s'adresser directement à un négociant, il est préférable de faire la commande de semences, d'engrais, de tourteaux, etc., par l'intermédiaire d'un syndicat qui obtiendra ces divers produits à meilleur compte, et se chargera de l'exécution des analyses destinées à s'assurer de l'exactitude des garanties fournies par le vendeur.



CHAPITRE II

LA RACINE

La racine est le membre de la plante qui la fixe au sol et y puise une partie de sa nourriture.

Ordinairement, la racine se développe dans le prolongement de la tige, elle est dite *terminale*.

Quand les racines prennent naissance sur la tige et sur les feuilles, on les appelle *racines latérales*.

MORPHOLOGIE EXTERNE DE LA RACINE

Régions superficielles d'une racine. — Examinons des plantules de blé, de haricot, de colza que nous aurons fait germer dans un germoir en papier pour que rien à leur surface ne gêne l'observation.

La jeune racine se présente sous forme d'un cylindre d'un blanc d'ivoire (*fig.* 79).

1° Coiffe. — Au sommet, on aperçoit une sorte de capuchon C, de couleur plus foncée que le reste de l'organe et formé d'un tissu beaucoup plus résistant ; c'est la *coiffe protectrice.*

Elle est constituée par des cellules essentiellement caduques, qui subissent une usure rapide au contact des matières dures du sol à travers lesquelles elles ouvrent un passage au reste de la racine. A mesure que les cellules superficielles disparaissent, d'autres prennent naissance à l'intérieur de la coiffe. Se trouvant constamment renouvelée, la coiffe conserve le même aspect pendant toute la durée de la croissance de la racine (*fig.* 79, C).

2° Région lisse. — Au-dessus de la coiffe, la racine est lisse sur une étendue de quelques millimètres (*fig.* 79, CD).

Si on la coupe à ce niveau, elle cesse de s'allonger. *La région lisse est donc le siège de l'accroissement en longueur.*

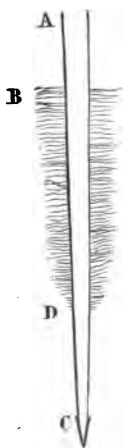


Fig. 79. — Partie terminale de la racine.

C. coiffe ; CD, région lisse ; DB, région pilifère; BA, région subéreuse.

L'expérience suivante en fournit une autre preuve : si, à l'aide d'un vernis inoffensif on marque sur la racine, des points équidistants, on constate que la région unie est la seule qui grandisse.

On exprime ce fait, en disant que l'accroissement de la racine est *subterminal.*

3° Région pilifère. — En remontant vers la base de la racine, on trouve (*fig.* 79, BD) un manchon formé par un duvet très apparent, composé de poils mesurant quelquefois plusieurs millimètres de long ; au microscope, on constate qu'il s'agit de poils unicellulaires, issus des cellules de l'épiderme qui se sont allongées en forme de doigt de gant. Nous connaissons déjà ces poils de nature spéciale, sous le nom de *poils radicaux* ; on les désigne plus souvent sous celui de *poils absorbants*, afin de rappeler le rôle important qu'ils remplissent, rôle qui consiste à puiser des sucs nourriciers dans le sol.

Comme la coiffe, le manchon pilifère paraît se déplacer à mesure que la racine se développe ; sa longueur et sa position ne changent pas.

En réalité, les poils radicaux se renouvellent incessamment et la durée en est très courte ; les plus jeunes, les plus voisins de la coiffe, se reconnaissent à leur moindre longueur ; à mesure qu'ils apparaissent, les plus âgés, situés à l'autre extrémité du manchon, se flétrissent et meurent.

Si, dans un sol meuble, nous arrachons une jeune plante de blé avec précaution pour ne pas la blesser, nous ne serons pas surpris de voir la racine, sur une longueur de quelques centimètres, enveloppée d'un

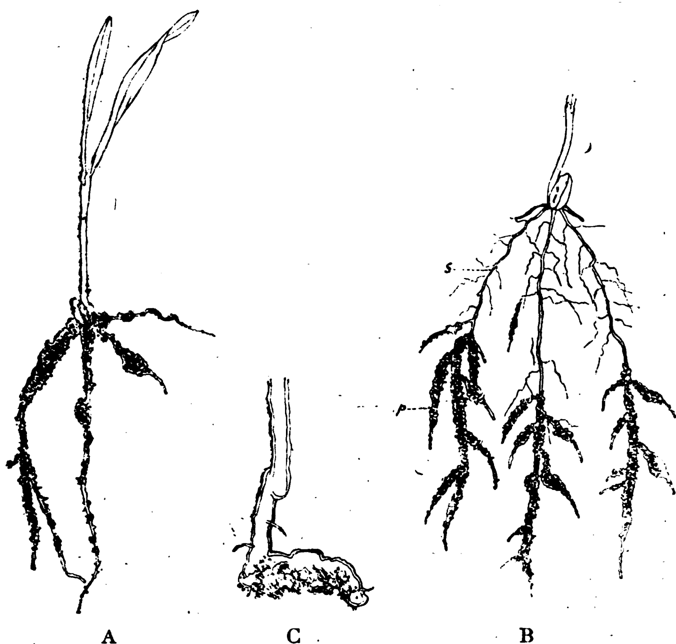


Fig. 80. — Blé.

A, plante très jeune; les racines sont recouvertes d'un manchon de terre sur toute leur longueur ; B. Plante plus âgée ; la terre adhère aux racines seulement à leur extrémité; C, poil absorbant fortement grossi.

fourreau de particules terreuses, mais seulement dans la région pilifère (*fig.* 80, A).

Sur une plante plus âgée (*fig.* 80, B), la terre couvre exclusivement l'extrémité ; elle s'est déplacée avec la région pilifère.

Les poils pénètrent dans la substance des particules perméables ; sur celles qui sont compactes, ils s'appliquent et se déforment pour mieux en épouser la surface et absorber les sucs nourriciers sur une plus grande étendue (*fig*. 80, C). On s'explique que de deux terres révélant à l'analyse la même composition chimique, celle qui est formée des éléments les plus ténus et les plus poreux, se montre la plus fertile.

Les poils radicaux possèdent une membrane extrêmement mince et délicate ; quelques instants d'exposition dans une atmosphère sèche, suffisent pour qu'ils se flétrissent complètement ; ils sont turgescents, gorgés de protoplasma : la vie y est donc très active. Remarquons, de plus, que l'ensemble de la région pilifère représente une surface absorbante considérable, si on la compare à la surface radiculaire qu'ils recouvrent.

Toutes ces circonstances contribuent à faire des poils radicaux, des organes admirablement adaptés à la fonction qu'ils doivent remplir.

4° Région subéreuse. — De bonne heure, l'épiderme délicat de la région située au-dessus de la région pilifère est remplacé par du liège ; désormais, cette partie n'intervient plus dans les phénomènes d'absorption. Si elle s'accroît par la suite, c'est seulement en épaisseur et aux dépens de matériaux fournis par d'autres parties de la plante.

Nous l'appellerons la *région subéreuse*.

En définitive, l'*activité d'une racine se trouve limitée à la région lisse et à la région pilifère.*

Ramification des racines. — Quelquefois, la plante ne produit qu'une seule racine terminale, ce qu'on appelle le *pivot*, mais le plus souvent, elle possède des ramifications qu'on désigne du nom de *radicelles*. Celles qui partent directement du pivot, sont appelées *radicelles primaires* ; celles-ci développent à leur tour des *radicelles secondaires* et ainsi de suite.

L'observation montre que les radicelles sont disposées en séries longitudinales et en nombre fixe pour chaque

espèce ; ainsi, dans les crucifères, les solanées, il y a 2 rangées de radicelles primaires sur le pivot ; on en compte 3 dans le pois, 4 dans la carotte, 10 à 20 dans les graminées (Chalon) ; nous verrons plus loin la raison de cette fixité.

Le pivot, sollicité par la pesanteur, se dirige toujours vers la terre, quelle que soit la position qu'il occupe ; si on tourne la pointe en l'air, l'extrémité se recourbe et il reprend la direction verticale ; on dit qu'il est *géotropique*.

Le géotropisme va s'atténuant progressivement dans les radicelles d'ordres successifs ; la tendance à s'enfoncer dans le sol est plus marquée chez les radicelles primaires que chez les radicelles secondaires, et ainsi de suite.

Les radicelles de l'ordre le plus élevé, radicelles très déliées et très actives, sont orientées dans tous les sens, aussi bien de bas en haut, que de haut en bas. La perméabilité du sol, le degré d'humidité, la teneur en sucs nourriciers sont les trois circonstances principales qui en déterminent la direction ; *elles sont attirées du côté où elles rencontrent les conditions les plus favorables à la vie de la plante.* Grâce à ces heureuses propriétés, les racines arrivent à tirer bon parti de très faibles quantités d'engrais.

Il faut que le système absorbant des racines soit bien puissant, bien étendu, pour que 100 à 200 kilogrammes de scories, par exemple, enfouis dans une couche de 20 centimètres d'épaisseur — ce qui représente seulement 1 à 2 grammes d'engrais pour 40 kilogrammes de terre, — produisent un effet utile assez marqué. Notons de plus que le phosphate étant insoluble dans l'eau, il est indispensable que les poils absorbants aillent à la rencontre de l'engrais et s'appliquent sur ses particules pour l'utiliser.

Port et répartition du système radiculaire. — Les radicelles de différents ordres se développent d'autant moins en longueur qu'elles partent de points plus éloignés de la surface du sol.

L'ensemble du système radiculaire peut être comparé à un cône, ou mieux encore à l'ensemble des rameaux d'un arbre renversé. Les plus grosses racines sont les mieux nourries, celles qui correspondent aux branches les plus fortes.

Pour étudier le système radiculaire d'une plante âgée, on ouvre une tranchée de 2 mètres de profondeur environ dans un champ où la plante est cultivée, de préférence dans un sol meuble composé de terre fine.

En projetant de l'eau sous pression contre les parois de la tranchée, le sol se désagrège sans léser les racines; en les soutenant à mesure qu'elles se dégagent, on arrive à se faire une idée précise de leur répartition en largeur et en profondeur. Ces études, malgré l'intérêt considérable qu'elles présentent pour la pratique agricole, sont encore très peu avancées. Elles nous ont appris cependant : 1° que toutes nos plantes cultivées, même les plantes céréales et les graminées fourragères, qu'on a qualifiées longtemps de plantes à racines superficielles, enfoncent leurs racines à plus de 1 mètre de profondeur, quand le sol n'y met pas obstacle. *On ne saurait donc assez recommander l'ameublissement des couches profondes par des sous-solages ou des labours et leur enrichissement en éléments fertilisants.*

2° Dans la couche superficielle de 20 centimètres d'épaisseur, on trouve ordinairement autant de racines que dans toutes les autres couches réunies.

C'est donc celle qui est la plus épuisée par les plantes, celle à laquelle nous devons toujours apporter le plus d'engrais.

Les *racines profondes* fournissent un appoint important de nourriture aux plantes cultivées, mais elles ont surtout pour mission d'*alimenter la plante en eau* dont elle fait une si grande consommation. Les légumineuses (luzerne, sainfoin, trèfle, mélilot, lupin, etc.), le colza, le lin, le chanvre, possèdent des racines puissantes qui descendent très avant dans le sol : ces plantes réclament des terres profondes et meubles; quelques espèces, comme le sain-

foin, s'accommodent cependant de terres superficielles, pourvu que le sous-sol soit fendillé. Quand des betteraves et autres espèces à racines charnues se développent dans des terres caillouteuses, mal préparées, soulevées par du fumier, de grosses mottes, etc., le pivot se divise, les racines deviennent fourchues, ce qui en diminue notablement la valeur.

Ajoutons que c'est parmi les espèces possédant des racines pivotantes, qu'il faut chercher les plus résistantes à la sécheresse et aux efforts des vents.

Les racines source d'engrais. — Les plantes dont nous ne récoltons que la partie aérienne, laissent, comme résidu dans le sol, des racines capables d'en modifier parfois très heureusement les propriétés physiques et chimiques.

C'est surtout par leur teneur en éléments fertilisants, que ces racines doivent nous intéresser; celles des légumineuses, de la luzerne et du trèfle principalement, laissent assez d'*azote* dans le sol pour qu'on puisse se dispenser presque toujours de fournir du fumier et des nitrates aux plantes qui leur succèdent immédiatement; dans ces conditions, il suffit d'user de fortes doses d'engrais minéraux, d'acide phosphorique en première ligne, pour assurer une bonne utilisation de l'engrais végétal dont la légumineuse a enrichi le sol.

On doit procéder de la même façon sur défriches de vieilles prairies; les débris de racines des nombreuses générations de plantes qui s'y sont succédé, peuvent aisément faire face, si la prairie était productive, aux exigences en azote de récoltes répétées de plantes-racines ou de céréales. Dans ce cas encore, l'engrais organique, mal équilibré comme composition, a besoin d'être appuyé par une forte fumure d'engrais minéraux; ces matières organiques sont acides; en terres pauvres en calcaire, un chaulage s'impose pour en déterminer la nitrification et rendre l'azote assimilable.

Racines terminales pivotantes. — On désigne ainsi les racines dans lesquelles le pivot prend un développe-

ment prépondérant, et représente l'axe du système radiculaire (*fig.* 81 et 82).

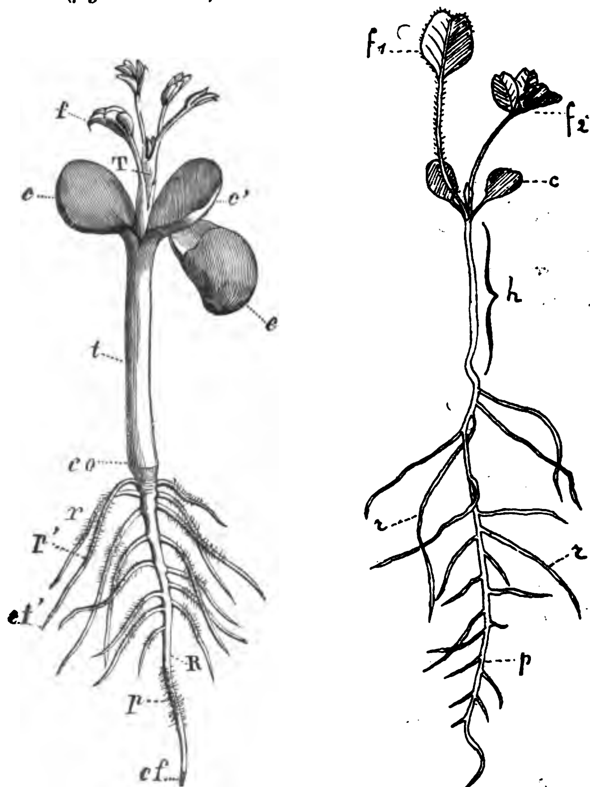


Fig. 81. — Jeune plant de lupin (*). **Fig. 82. — Jeune plant de trèfle des prés (**).**

(*) **R**, racine terminale ou pivot prolongeant la tige; *t*, tige au-dessous des cotylédons *cc'* (*axe hypocotylé*); T, tige au-dessus des cotylédons; *f*, jeunes feuilles; *e*, enveloppe de la graine qui se détache et tombe; *co* collet; *r*, radicelles; *cf*, *cf'*, coiffes; *pp'*, poils absorbants.

(**) *p*, pivot; *r*, radicelles; *h*, axe hypocotylé; *c*, cotylédons; f_1, f_2, jeunes feuilles.

Racines terminales fasciculées. — Les monocotylé-

dones (graminées, palmiers, etc.) et quelques dicotylédones possèdent un pivot qui se développe peu, ou qui disparaît de bonne heure : les radicelles primaires, mieux alimentées, se développent davantage et forment un

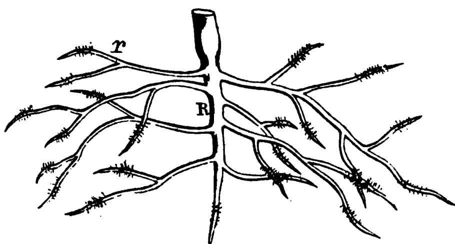


Fig. 83. — Racine fasciculée.

Les radicelles *r* se développent autant que la racine principale R.

faisceau plus ou moins compact, de là le nom de racines fasciculées qui leur est appliqué (*fig.* 83).

Racines traçantes. — Les agriculteurs appellent racines traçantes, les racines qui s'enfoncent et courent à une faible profondeur; le prunellier, l'aubépine, le hêtre, le charme et surtout l'acacia en fournissent des exemples.

Ces plantes s'accommodent de terres superficielles, mais elles sont facilement envahissantes, nuisent aux cultures voisines en épuisant le sol et en produisant des rejets (*drageons*) difficiles à extirper.

Le mélèze, le pin sylvestre, le pin maritime sont pourvus à la fois d'un pivot vertical et de radicelles traçantes, aussi ces essences réussissent-elles et dans les terres superficielles et dans les terres profondes. Le pin maritime offre cette particularité que les racines secondaires traçantes émettent à leur tour des pivots verticaux; c'est cette circonstance qui le rend si précieux pour la fixation des dunes.

Les agriculteurs désignent également du nom de

racines traçantes les *tiges souterraines* que nous étudierons dans un autre chapitre (p. 151).

Habillage des racines. — Quand on repique une plante, on a l'habitude d'« habiller » les racines, c'est-à-dire d'en amputer l'extrémité. Le pivot cesse de se développer au profit des radicelles; une racine pivotante tend à devenir une racine fasciculée.

Les jeunes arbres fruitiers subissent souvent plusieurs transplantations avant d'être mis définitivement en place. Les habillages répétés favorisent le développement superficiel du système radiculaire; la plante profite alors plus largement des arrosages et des fumures. Dans une terre qui souffre de la sécheresse, où l'influence de l'eau prime celle des éléments fertilisants, l'habillage des racines est au contraire plutôt nuisible qu'utile.

Racines latérales. — Elles prennent naissance le long de la tige, ou des feuilles, les unes, toujours à la même place, les autres, sur des points quelconques, dont la position dépend des conditions où se trouve placé le sujet (boutures de peuplier, de vigne, etc.). Les premières sont appelées *racines latérales régulières*, les autres, *racines adventives*.



Fig. 84. — Pied de fraisier muni d'un coulant.

Les racines latérales apparaissent principalement sur les tiges rampantes connues sous le nom de *stolons* [fraisier (*fig.* 84),

trèfle blanc, agrostis stolonifère. renoncule rampante] et sur les tiges enterrées appelées *rhizomes* (chiendent, et autres graminées, pomme de terre) (Voy. p. 151).

Racines latérales des graminées et profondeur des semis. — Pour les graminées, les racines latérales sont les racines essentielles. Si nous suivons le blé, par exemple, dans son développement, nous constatons que les premières racines, les *racines primaires* (r_1, *fig.* 85)



Fig. 85. — Blé semé à différentes profondeurs (d'apres Risler).

meurent peu de temps après que les réserves du grain sont épuisées; ce sont les racines latérales (r_2, *fig.* 85) appelées *racines secondaires* qui, dans la suite, alimentent la céréale. Notons que ces racines nourricières prennent exclusivement naissance sur un ou plusieurs nœuds situés *tout près* de la surface du sol. La portion de tige comprise entre le grain et les premières racines latérales, meurt aussi bien que les racines primaires, c'est donc une production qui épuise inutilement la plantule; dans l'intérêt de la graminée, il faut placer le grain sensiblement à la profondeur que ne dépassent pas les racines latérales. La figure 85, empruntée à l'excellent

ouvrage de notre cher maître M. Risler (1), démontre d'une façon saisissante les dangers d'un enfouissement trop profond des semences.

La plante A, issue d'un grain enterré à 1 centimètre de profondeur, est la plus vigoureuse; dans les plantes B et C, les tigelles, obligées de s'allonger dans le sol et en outre d'en vaincre la résistance sur une grande épaisseur, arrivent à la surface en partie épuisées; aussi, dans la suite, les plantes B et C se montrent-elles inférieures à la plante A. La tigelle de D, sortie d'un grain enfoui à 11 centimètres, n'a pu sortir de terre. La forme contournée de son extrémité montre que sa vigueur va progressivement diminuant. N'ayant pas la force de pousser verticalement, elle suit dans le sol la ligne de moindre résistance.

Les semences de graminées des prairies possèdent pour la plupart des amandes très petites; elles ne peuvent développer par conséquent que des tigelles de faible longueur aux dépens des réserves; *presque toujours, on les enterre trop avant* alors qu'il suffirait de les recouvrir de quelques millimètres de terre; c'est là une des principales causes des insuccès si souvent constatés dans l'établissement des prairies à base de graminées.

Déchaussement des céréales. — Les tiges des graminées produisent des racines au niveau d'un nœud quelconque, si celui-ci est maintenu dans un milieu humide. La culture tire parti de cette observation : on roule les gazons des pelouses décoratives après les avoir fauchés très près du sol, puis on les arrose et on les recouvre de terreau dans le but d'amener les chaumes couchés à développer des racines latérales et à se ramifier.

En buttant le maïs, les racines latérales nouvelles qui se forment sur la tige enterrée augmentent la solidité de la plante et contribuent à son alimentation.

Dans les terres calcaires, le sol gorgé d'eau se soulève

(1) Risler, *Physiologie et culture du blé.*

pendant l'hiver, entraînant avec lui les plantes à racines délicates (céréales, graminées de prairies, etc.); quand, au printemps, le sol se désagrège, se détache des racines et tend à reprendre son niveau initial, les plantes se trouvent déracinées, *déchaussées* suivant l'expression consacrée.

Le déchaussement est beaucoup plus redoutable encore en terres tourbeuses qu'en terres calcaires : elles foisonnent en absorbant de l'eau, se contractent et parfois tombent en poussière en se desséchant; aussi, la réussite des cultures qui passent l'hiver en terre ou qui occupent le sol à la fin de l'été y est-elle très aléatoire; les plantes jeunes ou pourvues de racines délicates telles que les graminées, sont évidemment celles qui souffrent le plus.

En roulant énergiquement le sol, les graminées reprennent facilement, grâce aux nouvelles racines émises à la base des tiges sur lesquelles le rouleau a comprimé de la terre.

Milieux dans lesquels les racines se développent. — Les racines se développent dans le sol (*racines souterraines*), dans l'eau (*racines aquatiques*), dans l'air (*racines aériennes*), à la surface d'espèces végétales qui leur servent seulement de point d'appui (*racines épiphytes*), ou dans la substance d'autres plantes aux dépens desquelles elles se nourrissent (*racines endo-*



Fig. 85 *bis*.

Rameau fleuri de cuscute montrant en *a* cinq suçoirs qui ont été détachés de force de la plante nourricière dans laquelle ils s'implantaient.

phytes). Les plantes à racines endophytes sont redoutables pour nos plantes cultivées; citons notamment la cuscute (*fig.* 85 *bis*), l'orobanche, le gui, le mélampyre. La cuscute, qui vit sur les trèfles et les luzernes, se montre particulièrement dangereuse; elle se multiplie par ses *graines* et aussi par ses *filaments* qui, à l'aide de *suçoirs*, se fixent facilement sur la plante hospitalière.

Quand on achète des semences de trèfle ou de luzerne, on doit se faire garantir *sur facture* l'absence de cuscute et s'assurer, par une analyse exécutée dans une station d'essais de semences, que la marchandise répond bien aux garanties données. Si, malgré ces précautions, le parasite apparaissait, il faudrait le couper au ras du sol, et, pour une prairie qui doit durer plusieurs années, retourner à la bêche la plante attaquée, y semer du fromental et du dactyle, graminées vivaces auxquelles la cuscute ne s'attaque pas. S'agit-il d'un trèfle qui ne doit durer qu'une année, on fauche également les taches aussi près que possible du sol, puis on les arrose avec une solution de sulfate de fer à 5-10 p. 100, solution qui brûle et noircit les filaments. On peut encore retourner la tache et y semer du ray-grass d'Italie, plante à végétation rapide et de bonne qualité fourragère.

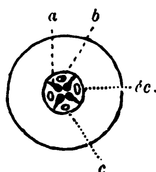


Fig. 86. — Coupe transversale d'une jeune racine.

a, faisceau ligneux; *b*, faisceau libérien; *éc*, écorce ; *c*, cylindre central.

MORPHOLOGIE INTERNE

Structure primaire. — C'est celle qu'on observe dans les jeunes racines et dans les racines d'un âge quelconque qui, en vieillissant, n'augmentent pas de diamètre. Si nous faisons une coupe transversale dans une jeune racine, au niveau des poils absorbants par exemple, où la différenciation des tissus est déjà achevée (*fig.* 86), nous relevons la présence : d'un cylindre de faible diamètre, qu'on appelle *cylindre central*; d'un manchon plus épais qui forme l'*écorce*.

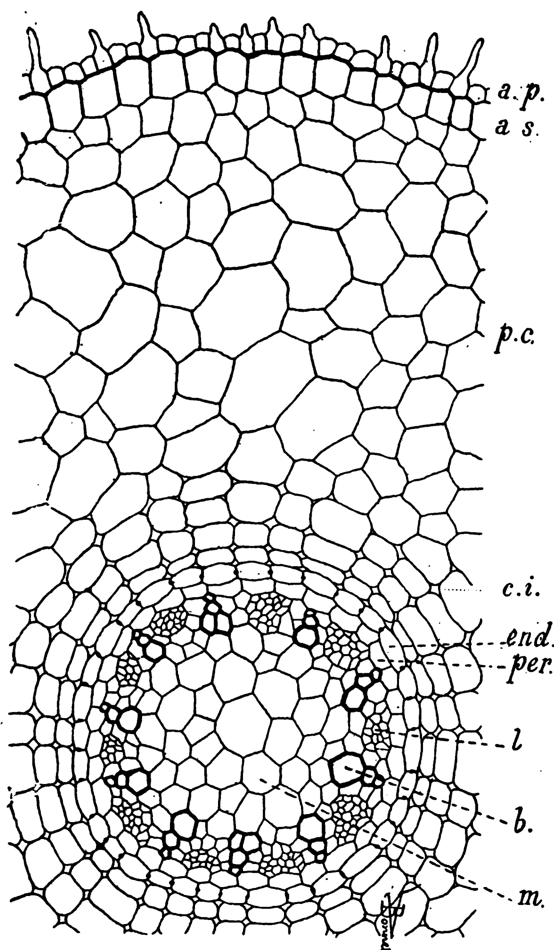


Fig. 87. — Racine d'aloès.

a. p., assise pilifère ; *a. s.*, assise subéreuse ; *p. c.*, parenchyme cortical ; *c. i.*, couche corticale interne ; *end*, endoderme ; *per*, péricycle ; *l*, liber ; *b*, bois ; *m*, moelle.

L'écorce, entièrement cellulaire, comprend (*fig.* 87) :

1° L'*assise pilifère*, formée de cellules étroitement serrées les unes contre les autres; quelques-unes se prolongent au dehors pour donner naissance aux *poils absorbants*.

2° L'*assise subéreuse*, composée d'une assise de cellules qui subérifient leurs membranes à mesure que les cellules de l'assise pilifère se flétrissent; quand celle-ci a disparu, l'assise subéreuse forme autour de la racine un revêtement protecteur.

3° Le *parenchyme cortical*, dans lequel on reconnaît plusieurs assises de cellules polygonales disposées sans ordre; avec l'assise subéreuse, le parenchyme cortical forme ce qu'on appelle la *zone corticale externe*.

4° La *couche corticale interne*, caractérisée par des cellules rectangulaires disposées régulièrement en couches concentriques et en séries radiales; elles laissent entre elles des méats très accusés.

On nomme *endoderme* l'assise la plus profonde de la zone corticale interne; on y observe des cellules fortement unies par des plissements de leurs faces latérales subérifiées qui s'engrènent les unes dans les autres.

Le corps du cylindre central est constitué par un tissu mou, un parenchyme, dans lequel on aperçoit deux sortes de taches qui alternent régulièrement : les unes figurent des triangles allongés, ce sont les faisceaux du bois ou *faisceaux ligneux*; les autres, à section ovale, sont les faisceaux du liber ou *faisceaux libériens*.

Dans le parenchyme du cylindre central, on peut distinguer : 1° une assise composée d'un rang de cellules adossées à celles de l'endoderme et alternant avec elles, c'est le *péricycle*; les racines secondaires prennent naissance dans le péricycle, ce qui lui a fait donner le nom de *couche rhizogène*; c'est exactement en face d'un faisceau ligneux qu'apparaît la première ébauche d'une radicelle; on comprend dès lors la

disposition des radicelles en séries longitudinales et le nombre fixe de ces dernières.

2° La *moelle*, située en dedans des faisceaux.

3° Les *rayons médullaires* qui séparent les faisceaux et relient le péricycle à la moelle.

Les faisceaux ligneux (*b*, *fig.* 87) comprennent des vaisseaux dont le calibre va diminuant du centre vers la périphérie ; les plus petits sont des vaisseaux spiralés ou annelés, l'ornementation des plus grands est réticulée ou ponctuée.

La structure du faisceau libérien est toute différente : une coupe longitudinale nous apprend que le *liber primaire* renferme, avec du *parenchyme libérien*, des vaisseaux criblés noyés dans le parenchyme.

Structure secondaire. — Accroissement en épaisseur. — Lorsque la racine s'épaissit, la structure de la racine ne reste pas aussi simple.

L'activité des tissus primaires se ranime à la fois dans le cylindre central et dans l'écorce.

Fonctionnement d'une assise génératrice. — Pour nous rendre compte du fonctionnement des assises

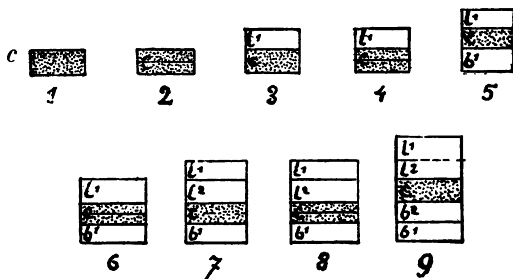


Fig. 88. — Fonctionnement d'une assise génératrice.

génératrices, considérons une cellule *c* du cambium (1, *fig.* 88), au début de son activité, et suivons-la dans son évolution. On la voit d'abord se diviser en deux par une cloison parallèle à la surface de la tige (2) ; les deux

cellules grandissent ensuite ; l'une, l^1, se trouve rejetée vers l'extérieur, l'autre, *c*, reprendra la forme et les dimensions de la cellule génératrice initiale (3), *c* se cloisonnera à nouveau (4), et cette fois rejettera la nouvelle cellule b^1 vers l'intérieur (5). Ces cloisonnements continueront à se produire alternativement, tantôt sur la face intérieure, tantôt sur la face externe (6 à 9) et cela aussi longtemps que la zone génératrice conservera son activité.

Bois et liber secondaires. — La *zone génératrice interne*, qu'on appelle *cambium*, apparaît d'abord en face et à l'intérieur du liber primaire ; sa situation permet de lui appliquer le nom de *zone intralibérienne* ; de nouveaux foyers générateurs se différencient en face des faisceaux ligneux, aux dépens du péricycle. D'abord distincts, ces foyers se soudent pour former une zone

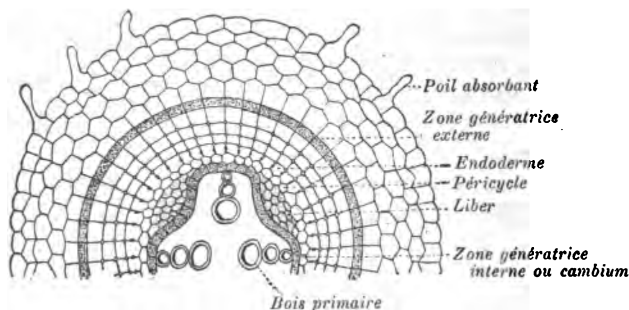


Fig. 89. — Coupe transversale d'une racine avec ses deux zones génératrices (d'après Parmentier).

continue, d'abord *sinueuse* (*fig.* 89), qui laisse en dedans les faisceaux ligneux et en dehors les faisceaux libériens. Peu à peu, les sinuosités s'effacent et le cambium finit par prendre une forme presque circulaire (*fig.* 90). Sur sa face interne, il produit du *bois secondaire* ; sur sa face externe, du *liber secondaire* ; de sorte que le liber primaire se trouve refoulé à l'extérieur par les nouvelles formations. Les couches successives

qui se forment annuellement s'empilent comme le montre la figure 90.

Liège. — La *zone génératrice externe* située dans l'écorce, est appelée *phellogène*; on la désigne encore

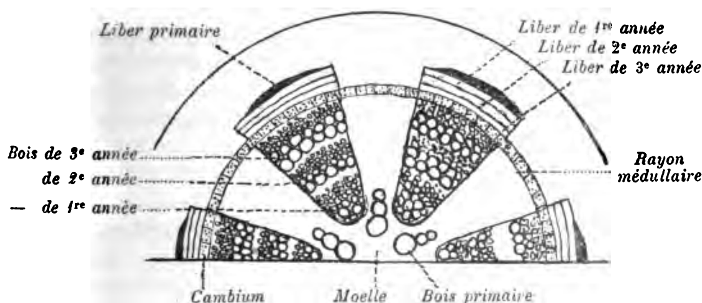


Fig. 90. — Structure du cylindre central d'une racine âgée de trois ans (d'après Parmentier).

du nom de *zone extralibérienne.* Vers l'extérieur, elle forme du liège; vers l'intérieur, ce qu'on a appelé le *phelloderme* (*fig.* 91). On désigne du nom de *périderme* la zone génératrice externe avec les deux feuillets auxquels elle donne naissance. Le mode de formation du

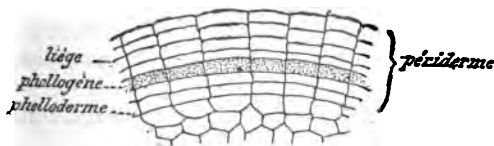


Fig. 91. — Zone génératrice externe ou *phellogène* donnant naissance par bipartitions successives, d'un côté à du liège, de l'autre côté à du phelloderme (d'après Parmentier).

liège nous rend compte de sa disposition régulière en assises concentriques et en files radiales. Chaque année, il se forme une couche nouvelle de liège comme il se forme une couche nouvelle de bois et de liber. L'épiderme éclate sous la poussée du liège, qui forme dès lors pour la racine un tissu protecteur beaucoup plus efficace.

Accroissement en longueur. — Faisons une coupe longitudinale suivant l'axe d'une jeune racine, dans la zone qui confine à la coiffe, zone, nous le savons, qui est le siège de l'allongement. Ce tissu, essentiellement formateur, est un *méristème* (*fig.* 92). Au centre, un petit groupe de cellules se fait remarquer par un protoplasma

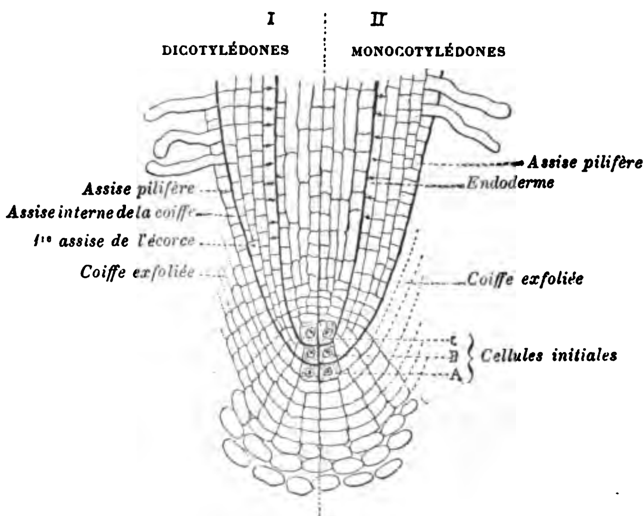


Fig. 92. — Sommet végétatif d'une racine (d'après Parmentier).

plus opaque, et des noyaux volumineux qui témoignent d'une grande activité.

Ces cellules, appelées *cellules initiales* du méristème, donnent naissance, par des cloisonnements successifs, à de nombreuses cellules qui s'empilent en assises concentriques.

On constate (*fig.* 92) que les initiales sont disposées sur trois plans superposés, comportant chacun de une à quatre cellules; le plan inférieur A engendre la coiffe, le plan moyen B, l'écorce, et le plan supérieur C, le cylindre central. Dans les dicotylédones, c'est l'assise

la plus profonde de la coiffe qui prolonge ses cellules en poils absorbants; dans les monocotylédones, ceux-ci proviennent de l'assise la plus externe de l'écorce.

PHYSIOLOGIE DES RACINES

La racine doit être considérée principalement comme un organe de fixation et d'absorption.

La racine, organe de fixation. — Le développement normal de la plante a pour condition primordiale une *immobilité parfaite* des racines et leur *contact intime* avec la terre végétale. Si les poils absorbants ne sont pas soudés aux particules de terre, ils n'en tirent pas de nourriture; si, d'autre part, la racine est tiraillée par un déplacement du sol ou par toute autre cause, les poils se déchirent, meurent et des radicelles assez résistantes peuvent même se trouver endommagées.

La stabilité des racines peut être compromise, 1° soit par les propriétés de la terre arable, 2° soit par une culture mal entendue.

1° Déjà, nous avons parlé du *déchaussement* qui, dans les sols calcaires et dans les sols tourbeux, soulève les racines et desagrège la terre qui les enveloppe; en terres argileuses, couvertes de végétation, le cultivateur redoute pendant les étés secs la formation des crevasses; on aperçoit dans celles-ci une foule de racines nues, les unes, tendues d'un bord à l'autre de la fente, les autres, complètement rompues; ici, c'est en chaulant le sol, et non pas en le soumettant à des roulages, qu'on parvient à atténuer le mal.

2° Il est dangereux de semer sur un labour trop récent, sur des terres soulevées par des engrais verts, par une fumure abondante de fumier pailleux ou par les fortes racines de la luzerne; la terre, en s'affaissant, nuit grandement aux racines délicates des jeunes semis.

Le corps de la tige, avec les racines de différents ordres, peut être comparé à un pieu fixé dans le sol et soutenu par de nombreux câbles jouant le rôle de

jambes de force. La partie enterrée se trouve représentée par la base de la tige et par le pivot. Or, nous verrons que la tige possède en général un diamètre plus grand, un système mécanique plus résistant que le pivot. Si l'on sème très superficiellement, celui-ci est à peu près seul à soutenir la partie aérienne; on comprend qu'un vent violent ou toute cause autre capable de faire incliner la tige, tendra à déraciner la plante.

Nous avons dit que les racines doivent être en contact intime avec le sol et former corps avec lui. Lorsqu'il n'est pas assez divisé ou suffisamment raffermi, lorsque la terre est *creuse*, disent les cultivateurs, les racines flottent, en quelque sorte, dans les grandes lacunes qui séparent les particules de terre et la végétation devient languissante. D'autre part, la capillarité s'exerce mal dans de pareilles terres; il en résulte que les plantes souffrent à la fois et d'une insuffisance d'eau et d'une insuffisance de nourriture.

COMMENT LA PLANTULE PARVIENT-ELLE A SE FIXER DANS LE SOL ? — Le dispositif indiqué par la figure 93, met en lumière l'existence de l'énergie que développe la racine afin de pénétrer dans le sol.

Un haricot qui commence à germer, est fixé sur un support, le sommet de la radicule repose à l'extrémité d'une lame de clinquant mobile autour de *o* et portant de petits poids *p* à l'autre extrémité (*fig.* 93 A).

Les cotylédons étant maintenus humides dans un local où la température est favorable à la germination, celle-ci se poursuit normalement : la radicule qui est *géotropique*, s'allonge en prenant une direction verticale; elle presse sur la lame et soulève progressivement les poids (*fig.* 93 B).

Représentons-nous maintenant le même haricot enterré à 2 ou 3 centimètres. Deux cas peuvent se présenter :

1° La terre qui le recouvre n'est pas assez comprimée; la radicule ne trouvant pas un point d'appui fixe sur les cotylédons, dépense l'énergie qu'elle développe à faire sortir la semence de terre. La plantule ne s'enra-

cine pas ou s'enracine imparfaitement; le développement ultérieur de la plantule se trouve compromis.

2° La terre est tassée fortement ; elle ne cède pas sous la pression exercée par les cotylédons sur lesquels la radicule prend son point d'appui. Dans ce cas, la radicule s'enfonce progressivement; noyé dans la terre, le système radiculaire fonctionne régulièrement ; la réussite du semis ne dépend plus que des conditions d'aération, de chaleur et d'humidité du milieu.

Lorsque les semis se font en lignes, avant même que

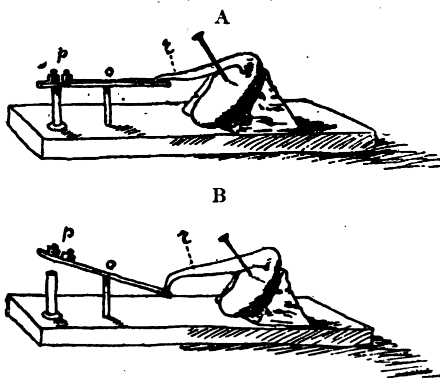


Fig. 93. — Énergie développée par la radicule d'un haricot (d'après Chalon).

r, radicule; *c*, cotylédons; *p*, poids.

la tigelle ne se dégage de la semence et ne *pointe* à la surface, de nombreuses fentes dessinent la ligne ; c'est sous la poussée des semences que la terre se fendille ; la tigelle aidera ensuite à élargir les fentes. *On s'explique dès lors l'incontestable utilité des roulages que les jardiniers comme les cultivateurs opèrent dans les jeunes semis.* On s'en dispense seulement lorsque la terre se maintient humide et devient facilement compacte. Les pluies se chargent alors de tasser la terre, de combler les fentes, bref, de donner à la plantule une assiette solide.

On a constaté que l'extrémité de certains pivots dé-

crit un petit mouvement de *nutation*, c'est-à-dire que la racine s'incline sans torsion de droite à gauche et en faisant décrire une circonférence à sa coiffe; la nutation de la racine se combinant avec l'allongement vertical, il en résulte un mouvement de vis qui en favorise la pénétration.

Circonstances qui influent sur le développement du système radiculaire. — Darwin compare très justement la pointe de la racine à un animal fouisseur, à une taupe par exemple. En quête de nourriture, elle explore le sol, s'insinue entre les particules de terre, évitant les corps durs en les contournant, et s'avance progressivement dans la direction où elle trouve les conditions d'alimentation les plus favorables.

La perméabilité du sol, l'état d'humidité, la composition chimique, sont les circonstances principales qui sollicitent simultanément la racine et en déterminent la direction et le développement total.

1° *Perméabilité du sol.* — En 1893, Schultz-Lupitz a récolté 14 640 kilogrammes de tubercules de pommes de terre à l'hectare dans une parcelle (parcelle I) qui avait reçu une très forte fumure de fumier de ferme. La parcelle contiguë (parcelle II), de même fertilité, traitée exactement comme la première, mais dans laquelle on avait enfoui du lupin comme engrais vert, a produit 23 360 kilogrammes. Le fumier de ferme avait cependant apporté au sol plus de matières fertilisantes que le lupin; pourquoi la parcelle I s'est-elle montrée moins productive que la parcelle II?

Dans la parcelle I, les racines de pommes de terre ne dépassaient pas 0m,40, c'est-à-dire la profondeur atteinte par le labour effectué à la vapeur. Très déliées, elles n'avaient pu entamer le sous-sol compact. Dans la parcelle II, au contraire, elles s'enfonçaient jusqu'à 1m,20. L'été de 1893 ayant été extrêmement sec, grâce à ces longues racines, les plantes n'ont pas, comme celles de la parcelle I, souffert du défaut d'humidité; de là un excédent de récolte aussi considérable.

Le lupin possède de puissantes racines pivotantes; en se décomposant, elles ont laissé le sous-sol criblé

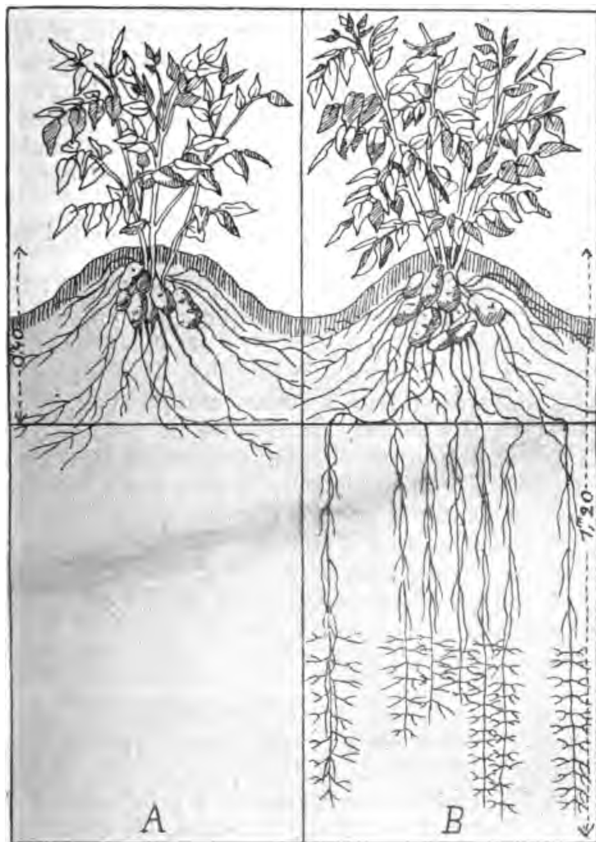


Fig 94. — A. Pomme de terre faite sur fumure de fumier de ferme.
B. — — faite sur lupin enfoui comme engrais vert.

de petits canaux. Celles de la pomme de terre, venant ensuite, n'ont pas eu de peine à descendre jusqu'au fond de ces cavités (*fig.* 94).

Le sous-sol était extrêmement pauvre, composé de sable siliceux presque chimiquement pur; s'il n'a pas contribué à nourrir la pomme de terre, en revanche, il lui a fourni l'eau indispensable à la production d'une bonne récolte.

L'ameublissement du sol favorise le développement des racines en épaisseur aussi bien qu'en longueur.

M. de Vilmorin a transformé les racines petites et ligneuses de la carotte sauvage en grosses racines comestibles, tout simplement en la cultivant dans de la terre de jardin d'excellente qualité.

Il a suffi de quelques années pour réaliser cette transformation.

L'action déprimante d'un sol dur, compact, si elle a pour cause la résistance mécanique qu'il oppose à la croissance des cellules, doit être attribuée aussi en partie à sa faible teneur en *oxygène*, dont toutes les plantes font une si grande consommation (Voy. p. 50). Où celui-ci fait défaut, les cellules ne peuvent vivre et la racine rebrousse chemin. Quand on dépote une plante, dans la couche de terre la plus aérée, celle qui touche aux parois du vase, on constate que les racines y ont formé un chevelu plus abondant que partout ailleurs.

Ameublir le sol et l'aérer sur une grande profondeur, c'est favoriser le développement des racines dans toutes les directions, en longueur comme en épaisseur, et l'un des moyens les plus sûrs d'obtenir des récoltes abondantes et régulières.

2° *Influence de l'humidité.* — Nous avons déjà signalé l'attraction exercée sur la cellule végétale par une humidité convenable (*hydrotropisme*, page 54). L'*eau aérée* favorise l'élongation des racines et la production d'une foule de ramifications. Dans les parcs, les drains doivent être remplacés par des conduites cimentées au voisinage des arbres; autrement, ils seraient rapidement obstrués par des paquets de racines très fines, qu'on appelle des *queues de renard*.

Dans les cours d'eau, on aperçoit souvent de ces queues de renard produites par les arbres plantés sur

les bords. On sait que dans les cultures en solutions nutritives, les racines se développent plus que dans un milieu solide.

Pour démontrer que l'humidité attire les racines, on fait germer un haricot au fond d'un tamis incliné rempli de mousse humide (*fig.* 95). La radicule se développe d'abord verticalement, mais en arrivant dans l'air sec, elle s'infléchit vers le tamis, puis s'enfonce dans la mousse. Sollicitée par le géotropisme, elle sort à nouveau du tamis pour y rentrer une seconde fois et ainsi de suite, décrivant ainsi une série d'ondulations. En *eau stagnante*, on serait porté à croire que l'humidité retarde la croissance, car dans les terres humides, le pivot s'arrête sensiblement au niveau du plan d'eau, tandis que les radicelles les plus superficielles s'allongent démesurément ; dans ces conditions, une racine normalement pivotante devient une racine fasciculée. Ces effets sont la résultante de l'action combinée de l'oxygène et de l'humidité ; où l'oxygène vient à manquer, la croissance se trouve arrêtée ; au contraire, dans les couches aérées et humides, les racines prennent un très grand développement. On comprend que *le drainage, en aérant le sol sur une grande épaisseur, tout en y maintenant une certaine fraîcheur, transforme radicalement la végétation des terres humides.*

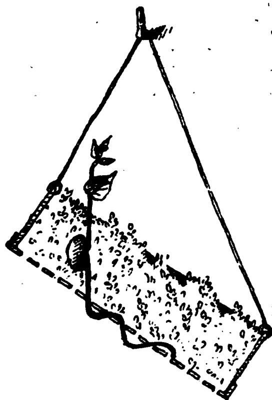


Fig. 95. — Influence de l'humidité sur la direction des racines.

3° *Influence des engrais.* — A Rothamstedt, une prairie recevant régulièrement du nitrate de soude depuis de longues années, a fourni une récolte presque normale de foin pendant l'été extrêmement sec de

1870, se distinguant ainsi nettement des prairies voisines soumises à d'autres régimes d'engrais.

Ici encore, l'étude du système radiculaire a fourni la raison de ces différences. Le nitrate, très soluble, est entraîné facilement par l'eau de pluie dans les couches profondes ; les racines l'y ont poursuivi en quelque sorte et pénétré ainsi à une grande profondeur. L'influence des engrais sur le développement des racines est très imparfaitement connue, de sorte qu'une grande incertitude règne encore au sujet du meilleur mode de répartition de ces substances.

NATURE DES CORPS SIMPLES.	FORMES SOUS LESQUELLES ILS SONT ABSORBÉS.
1° Corps empruntés à l'air.	
1° Carbone	Acide carbonique de l'air.
2° Oxygène	Oxygène, eau, acide carbonique, nitrates, etc.
3° Hydrogène	Eau.
2° Corps empruntés au sol.	
4° Phosphore	Phosphates de chaux, de magnésie, de fer, d'alumine.
5° Potassium	Chlorure, carbonate, sulfate, nitrate, phosphate, silicate.
6° Soufre	Sulfates.
7° Calcium	Carbonate, sulfate, phosphate, nitrate, silicate.
8° Magnésium	Carbonate, sulfate, phosphate, nitrate, silicate.
9° Chlore	Chlorure de sodium, de potassium.
10° Fer	Oxydes.
3° Corps emprunté exclusivement au sol ou à la fois au sol et à l'atmosphère.	
11° Azote	Nitrates, sels ammoniacaux, matières organiques après leur minéralisation, azote de l'air.

La racine, organe d'absorption. — La région lisse, non subérifiée de l'épiderme, et surtout la région pilifère, sont le siège de l'absorption.

Quand on plonge une jeune racine dans de l'eau, elle se flétrit quand ces deux parties ne trempent pas dans le liquide ; ce que nous savons de la structure de la racine nous permettait de prévoir le résultat de l'expérience.

Les aliments de la plante. — Dans le tableau (p. 130), nous avons indiqué les différents corps simples qui sont indispensables à l'alimentation végétale, et les combinaisons dans lesquelles ces corps doivent entrer pour être utilisés par la plante.

Nos terres cultivées renferment toutes ces substances, mais trois d'entre elles, l'*azote*, le *phosphore*, le *potassium*, s'y rencontrent souvent en quantité trop faible ; le *calcium* et le *soufre* font plus rarement défaut.

Les matières utiles aux plantes et qui manquent au sol, nous les appelons des engrais.

Sous le nom d'*engrais complets*, on désigne ordinairement ceux qui renferment de l'azote, de l'acide phosphorique et de la potasse. Cette définition est inexacte, puisque ces trois substances ne sont pas les seules qui se trouvent dans le sol en quantité suffisante.

Pour déterminer la nature des aliments que réclame la plante, les savants ont employé deux méthodes qui se complètent l'une l'autre : 1° la *méthode analytique* ; 2° la *méthode synthétique*.

Dans la première, la plante est brûlée sans rien perdre des produits de l'incinération ; on fait ensuite, d'une part, l'analyse élémentaire des cendres, d'autre part, celle des gaz qui s'échappent dans l'atmosphère. On trouve ainsi la *totalité* des substances absorbées par la plante, mais nous verrons que si les unes sont *essentielles*, d'autres sont *indifférentes* et mêmes *nuisibles*.

La seconde méthode, la méthode synthétique, permet de les classer exactement. En se basant sur la composition chimique des plantes, on est arrivé, après beau-

coup de tâtonnements, à préparer de toutes pièces des solutions nutritives dans lesquelles (*fig.* 96) les plantes atteignent des dimensions qui ne sont pas dépassées dans les meilleures terres.



Fig. 96. — Maïs cultivé dans une solution nutritive.

Ce résultat obtenu dans une série d'expériences parallèles, on retranche un des éléments de la solution et l'on constate les effets produits sur la végétation : si la substance éliminée est indifférente, aucun changement ne se manifeste. S'agit-il au contraire d'un aliment essentiel, dès que la plantule a consommé les réserves de la graine, elle s'épuise rapidement et ne tarde pas à mourir d'inanition. Si, dans des essais parallèles, on ajoute à la solution ainsi appauvrie de *faibles* quantités de la substance éliminée, la végétation se prolonge, et le poids de la récolte s'accroît proportionnellement à la dose employée. Cette dernière expérience, qui forme la contre-épreuve de la précédente, ne laisse subsister aucun doute sur l'utilité d'un élément donné.

Il est clair qu'en augmentant progressivement la dose d'un élément utile, il arrive un moment où la courbe de l'engrais introduit et celle des accroissements de rendement, cessent d'être parallèles : c'est lorsque l'appétit de la plante se trouve satisfait ; dès lors, un supplément d'engrais entraîne des dépenses sans compensation ; dans certains cas, il abaisse même la valeur de la récolte.

Dans la production intensive des végétaux, comme dans l'engraissement intensif d'un bœuf, ce sont toujours les derniers kilogrammes qui reviennent le plus cher au cultivateur.

Alimentation azotée de la plante. — L'alimentation azotée de la plante présente un tel intérêt, que nous devons au moins en dire quelques mots, sans entrer toutefois dans le domaine de la chimie agricole. Envisagées au point de vue de leurs exigences en azote, les plantes de grande culture se divisent en deux catégories : les *non-légumineuses* et les *légumineuses*.

La période germinative terminée, les non-légumineuses empruntent l'azote au sol sous forme de nitrates et de composés ammoniacaux.

Celui du fumier et des autres engrais organiques ne leur profite qu'après avoir été préalablement minéralisé, transformé par de petits organismes en nitrates ou en ammoniaque (Voy. *fig.* 15).

Les légumineuses se nourrissent tout autrement. Quand la plantule a épuisé l'azote des cotylédons, elle entre dans une période que nous appellerons *période critique*, durant laquelle elle se comporte exactement comme une non-légumineuse ; c'est au sol qu'elle demande la totalité de l'azote qui lui est nécessaire, et s'il en est insuffisamment pourvu, les feuilles les plus anciennes jaunissent, s'épuisent au profit des feuilles les plus nouvelles ; la plante s'allonge, mais elle va diminuant de poids. Pour le lupin, par exemple, la période critique est terminée sept semaines environ après les semailles ; à partir de ce moment, la plante change

d'aspect presque subitement : les feuilles prennent une couleur d'un vert intense, la végétation qui jusque-là était restée à peu près stationnaire, s'engage avec vigueur et se poursuit régulièrement jusqu'à la matu-

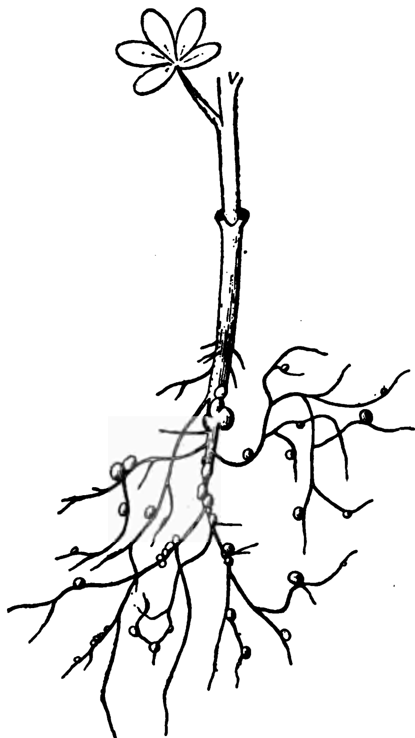


Fig. 97. — Racine de lupin portant des nodosités à bactéroïdes.

rité. Cette transformation de la plante coïncide avec l'apparition sur les racines de petites nodosités (*fig.* 97 et 98) dans lesquelles le microscope révèle la présence d'une bactérie appelée *Bacterium radicicola*. Hellriegel et Willfarth, dont le nom restera attaché à cette mémorable

découverte, ont constaté que si ces bactéries se nourrissent de matières hydrocarbonées (sucres, etc.) fournies par la plante hospitalière, en échange, elles lui fournissent des matières albuminoïdes dont l'azote a été emprunté à l'atmosphère. C'est là un merveilleux exemple de solidarité entre des organismes d'aptitudes différentes.

Les légumineuses possèdent la propriété de fixer

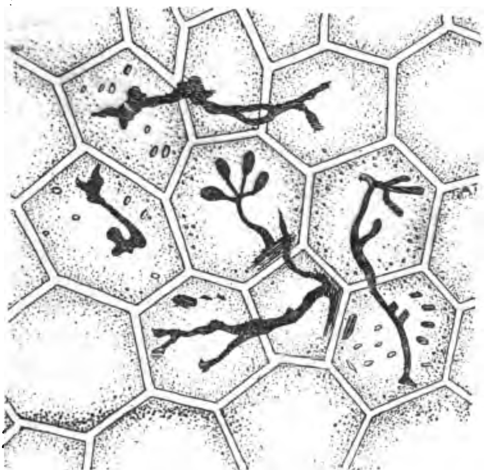


Fig. 98. — Coupe à travers une nodosité radiculaire du pois. Les filaments du *Bacterium radicicola* portent des bactéroïdes. La cellule centrale renferme quatre corps ovoïdes en grappe et à surface isse Gross. 700 diamètres).

l'azote élémentaire, elles laissent le sol plus riche en cet élément qu'elles ne l'ont trouvé ; depuis longtemps, les cultivateurs ont remarqué que du blé succédant à la luzerne, au trèfle, au lupin, aux féveroles, etc., fournit une meilleure récolte qu'après une jachère. De là, le nom de *plantes améliorantes* donné aux légumineuses ; de là aussi l'usage de les faire servir comme engrais verts.

Essentiellement aérobies, les nodosités se rencontrent

en plus grand nombre sur les racines superficielles que sur les racines profondes.

Autre observation importante : les racines possèdent d'autant plus de nodosités que la terre dans laquelle la légumineuse s'est développée, est moins riche en azote. La période critique une fois terminée, la légumineuse *peut* ensuite se développer normalement dans une terre entièrement privée d'azote. Si la terre renferme de l'azote, la légumineuse mange à deux râteliers, dans le sol et dans l'atmosphère. Lorsque la terre est riche, la plante lui demande la plus grande partie de l'azote qu'elle fixe dans ses tissus; en définitive, elle se comporte à peu près comme une non-légumineuse; dans ces conditions, par conséquent, de nombreuses nodosités seraient inutiles.

Quand on cultive des légumineuses comme engrais verts, on compte à leur actif la totalité de l'azote renfermé et dans les racines et dans la partie aérienne, alors qu'en réalité une faible proportion est tirée de l'atmosphère. On se trouve ainsi conduit à prêter à la légumineuse des propriétés améliorantes qu'elle ne possède pas, à préconiser une pratique qui, *en terres riches*, est une erreur économique.

Le bacille des nodosités comporte un grand nombre de races adaptées à telle ou telle légumineuse ; le bacille du trèfle des prés, par exemple, ne se développe pas sur les pois, et, réciproquement, celui du pois se montre inactif lorsqu'on l'inocule au trèfle des prés (*fig*. 99).

On trouve aujourd'hui dans le commerce, sous le nom de *nitragine*, des cultures de ces organismes. L'emploi en est très rarement avantageux. Ce dont le cultivateur doit se préoccuper, afin d'assurer la réussite des légumineuses, c'est d'améliorer les propriétés physiques et les propriétés chimiques de ses terres, bref, d'en faire un milieu favorable à la multiplication des organismes utiles. Ce résultat atteint, les vents, le fumier de ferme, les composts, etc., se chargeront d'en apporter les germes.



Fig. 99.

Cultures de trèfle des prés poursuivies à la Station d'essais de semences en sable stérilisé et à l'abri des poussières de l'air. Au sable chimiquement pur, on a incorporé des engrais renfermant de la potasse, de l'acide phosphorique et de la chaux. (Schribaux, *Journal d'agriculture pratiquée* et *Journal de l'agriculture*, 1897.)

Sans nitragine et sans azote (pot n° 1), la récolte a été nulle.— Dans le pot n° 5, ne renfermant pas d'azote, la nigratine contenant des bactéries des pois s'est montrée inactive; récolte nulle. — La récolte du pot n° 2 ne renfermant pas d'azote mais de la nitragine du trèfle des prés est particulièrement remarquable; l'azote qu'elle renferme a été emprunté en totalité à l'air. Elle est aussi abondante que celle des pots nos 3 et 4 qui ont reçu une forte dose d'azote.

La composition chimique des plantes dépend de leur alimentation. — Une même matière minérale renferme des corps simples associés dans des proportions toujours les mêmes, les chimistes disent dans des *proportions définies*; ainsi, dans l'eau, on trouve toujours 8 grammes d'oxygène pour 1 d'hydrogène; dans le sel de cuisine pur, cristallisé, on trouve 35,5 de chlore pour 23 de sodium.

Une plante donnée renferme invariablement les onze éléments indiqués plus haut, mais dans des proportions qui peuvent varier entre des limites assez larges; la composition d'une plante, avons-nous dit (Voy. p. 15), reflète celle du sol qui l'a produite; dans les terres calcaires, par exemple, le blé est plus riche en chaux que celui des terres granitiques où la chaux fait presque entièrement défaut. De l'analyse d'une plante cultivée, un chimiste habile peut souvent déduire la composition du sol qui l'a nourrie et la nature des engrais qu'il serait avantageux d'y employer.

Solidarité entre les diverses substances de l'aliment. — Appliquons à un blé un engrais incomplet, de l'acide phosphorique à l'état de superphosphate par exemple, et admettons qu'il ne produise pas d'effet sensible. Il ne faudrait pas inférer de là que la terre n'a pas besoin d'acide phosphorique. Cette conclusion ne peut être valable que si la terre renferme *en quantité suffisante* les dix autres éléments qui doivent nécessairement entrer dans la ration du végétal. L'assimilation des diverses substances de l'aliment s'accomplit solidairement, et quand l'une vient à manquer, les autres ne *jouent* plus, demeurent sans emploi.

Admettons que, dans un hectare, le sol puisse mettre à la disposition d'une récolte de blé 15 kilogrammes seulement d'acide phosphorique assimilable, c'est-à-dire susceptible d'être absorbé par la plante. Une excellente récolte de blé en enlève environ 40 kilogrammes. Nous aurons beau forcer les doses d'azote, de potasse, etc., la production restera sensiblement la même, ces derniers engrais se montreront inactifs. *L'importance de la récolte*

est réglée par l'élément qui se trouve dans le sol en plus faible proportion. Dans l'exemple que nous venons de prendre, c'est de l'acide phosphorique que dépendent les rendements En portant le taux d'acide phosphorique assimilable de 15 à 20, 25 kilogrammes, etc., la récolte s'élèverait à peu près dans le même rapport, si la terre était bien pourvue des autres aliments.

Faute a éviter dans les essais d'engrais incomplets. — De ce qui précède, il ressort que pour juger de l'efficacité d'un élément fertilisant, azote, potasse, etc., dans une terre donnée, *il ne faut jamais l'appliquer seul ;* on établira deux parcelles d'essais : dans la première, on emploiera un engrais complet ; la seconde recevra le même engrais dans lequel on aura supprimé l'élément à l'étude. C'est seulement en procédant ainsi, que les différences entre les chiffres de récolte donneront la mesure de son degré d'utilité.

Les principes nutritifs du sol doivent être solubilisés pour pénétrer dans la plante. — Les poils absorbants peuvent être comparés à autant de vessies parfaitement closes ; leur membrane constitue un filtre parfait ; il faut donc que les principes nutritifs soient *dissous* pour les traverser.

Les aliments végétaux contenus dans le sol, envisagés au point de vue de leur solubilité, se classent en trois catégories :

1° Les matières solubles qui circulent librement dans e sol avec l'eau qui les a dissoutes (nitrates, chlorures) ;

2° Les matières insolubles, dans lesquelles nous distinguerons : *a.* les matières minérales (phosphates), *b.* les matières organiques (fumier, engrais verts) ;

3° Les matières solubles dans l'eau, mais susceptibles d'être retenues par le pouvoir absorbant du sol.

1° *Matières solubles circulant librement avec l'eau du sol.* — Repiquons une plante dans une grande caisse remplie de terre que nous avons largement arrosée, et recouvrons la surface d'une couche épaisse de menue paille destinée à prévenir toute évaporation ; la terre

n'étant plus arrosée, se dessèche et, chose remarquable, la dessiccation est *uniforme* dans toute la masse.

Comme les racines ne visitent qu'un petit nombre de particules, il faut bien que l'eau se rende au-devant d'elles, comme l'atmosphère se rend au-devant des feuilles. Voici comment les choses se passent : dans une terre saine, les particules laissent entre elles des vides remplis d'air, assez grands pour que l'eau en excès s'écoule facilement dans les couches profondes ;

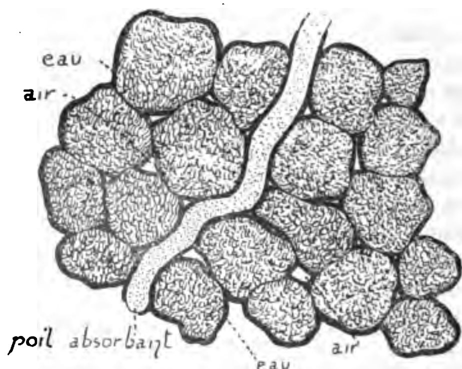


Fig. 100.— Circulation de l'eau dans le sol.

mais ces particules en retiennent à leur surface une mince couche fixée par l'attraction capillaire, couche qui possède partout la même épaisseur (*fig.* 100).

Comme d'autre part les particules de terre se touchent sur un ou plusieurs points, il en est de même de l'eau qui les enveloppe ; ainsi, dans les terres saines et fraîches, l'eau forme à la surface des particules une nappe très aérée, mince et ininterrompue. D'après cela, les poils absorbants seraient de véritables *racines aquatiques*. Quand sur un point, la racine absorbe de l'eau, elle agit comme une pompe aspirante ; le liquide se déplace dans sa direction. Toutes les particules l'attirant avec une égale énergie, la couche d'eau tend à reprendre partout

une épaisseur uniforme; mais il arrive un moment où la couche étant devenue très mince, la racine ne peut plus lutter contre la force attractive des particules; la plante souffre de la sécheresse, alors que la terre renferme encore de l'eau.

Lorsqu'on répand des nitrates en *couverture*, c'est-à-dire à la surface des terres, il résulte de ce qui précède, que l'eau se charge de les transporter jusqu'aux poils absorbants. Mais si le temps est trop sec, les nitrates n'arrivent pas aux racines; l'humidité excessive en entraîne une partie dans les eaux de drainage.

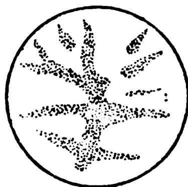


Fig. 101. — Plaque de marbre rongée par les racines.

2° *Digestion des matières insolubles dans l'eau.* — a. *Matières minérales.* — Les poils absorbants ne se contentent pas d'aspirer et d'absorber l'eau du sol chargée de principes nutritifs, ils *digèrent* les engrais insolubles.

Lorsqu'ils s'étalent sur des os, du marbre poli ou sur une plaque d'apatite (phosphate de chaux cristallisé extrêmement dur), les poils absorbants s'impriment sur ces substances; ils creusent un sillon de plus en plus profond, exactement comme fait l'acide que le graveur emploie pour attaquer une plaque de cuivre (*fig.* 101). C'est également un liquide acide sécrété par la racine qui lui permet d'exercer son action dissolvante; pour en vérifier l'existence, il suffit de déposer des graines germées sur du papier bleu de tournesol; on le voit bientôt se colorer en rouge au niveau des poils absorbants.

Si les nitrates vont au-devant des racines, ce sont les racines au contraire qui doivent aller au-devant des phosphates et des autres matières insolubles pour en tirer parti. Ces notions nous permettent de formuler quelques indications pratiques intéressantes.

1° Les engrais insolubles dans l'eau, tels que les phosphates, doivent être enfouis par un labour et

répartis sur toute l'épaisseur de la terre remuée, afin de les mettre à la portée des racines ;

2° Une pulvérisation parfaite, en multipliant les surfaces d'attaque, est pour ces engrais une condition essentielle de bonne utilisation. Les scories de déphosphoration n'ont révélé leur grande efficacité, que du jour où, à l'aide de puissants broyeurs, on les a réduites en une poudre impalpable.

La transformation des phosphates naturels en superphosphate, n'a pas d'autre but que de les amener, par voie chimique, à un état parfait de division que ne sauraient réaliser les machines les plus perfectionnées ;

3° De deux substances insolubles de même composition, la plus assimilable est celle qui est la plus poreuse, la moins lourde par conséquent à égalité de volume ; la craie se laisse attaquer plus facilement que le marbre, les nodules des Ardennes, plus facilement que l'apatite.

b. *Matières organiques.* — Le fumier, les engrais verts, et en général toutes les matières organiques insolubles, sont digérés, non point par les poils absorbants, mais par des *ferments du sol.* Au premier rang se place le *ferment nitrique* découvert par MM. Schlœsing et Müntz (*fig.* 15) ; c'est seulement après cette transformation qui résout la matière organique en acide carbonique, eau, nitrates, sels minéraux, que nos plantes cultivées peuvent en faire leur nourriture.

3° *Matières solubles dans l'eau, mais retenues par le pouvoir absorbant du sol.* — Les sels de potasse, d'ammoniaque, quoique très solubles, sont fixés sur les particules du sol avec une grande énergie, et une fois fixés, l'eau ne les dissout plus. (L'argile et l'humus sont le siège de ce *pouvoir absorbant ;* ajoutons qu'il s'exerce seulement lorsque la terre renferme du *calcaire.*) Ces corps se comportent comme les matières insolubles ; pour les absorber, les poils radicaux doivent visiter les particules terreuses qui les renferment ; nous en conclurons que *les sels de potasse et les sels d'ammo-*

niaque doivent toujours être enfouis par un labour.

Mécanisme de l'absorption des solutions nutritives. — Les solutions de principes nutritifs pénètrent dans les poils radicaux en vertu d'un phénomène connu sous le nom d'*osmose*.

On peut définir l'osmose, la propriété que possèdent certains liquides de traverser des membranes minces. On appelle *cristalloïdes* (nitrates, phosphates, sel de cuisine, etc.) des matières susceptibles de cristalliser et de passer à travers des membranes osmotiques ; les *colloïdes* sont des matières non cristallisables (colle, albumine, humates solubles) qui sont incapables de traverser des membranes minces. Une expérience très simple met en évidence les phénomènes d'osmose (*fig.* 102).

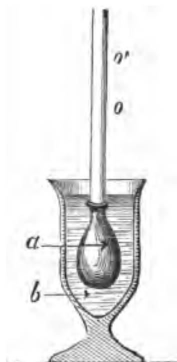


Fig. 102. — Endosmomètre.

a, vessie contenant de l'eau sucrée et teintée; *b*, récipient contenant de l'eau distillée ; *o*, niveau primitif du liquide sucré ; *o'* niveau après le phénomène d'osmose.

Une vessie figurant un poil radical est fixée à un tube; on plonge le tout dans un verre contenant de l'eau pure. Par le tube, on verse du sirop de sucre teinté de rouge, et l'on s'arrête quand le liquide se trouve en *o*. Au bout d'un certain temps, voici ce que l'on observe :

1° L'eau du verre a pénétré dans la vessie, car le liquide s'est élevé dans le tube (*endosmose*) jusqu'en *o'* ;

2° Le liquide extérieur est teinté de rouge, et il a pris une saveur sucrée : il s'est donc produit un second courant de l'intérieur de la vessie vers l'extérieur (*exosmose*), courant moins rapide que le premier.

En prolongeant l'expérience, les liquides finissent par posséder la même couleur et la même composition; l'équilibre est établi, les phénomènes d'endosmose et d'exosmose cessent alors complètement.

Considérons à présent un poil radical : il renferme du protoplasma, matière colloïde ; il est plongé dans un liquide dilué renfermant : 1° un mélange de matières cristalloïdes (nitrates, phosphates, etc.); 2° des matières colloïdes (humates et autres composés organiques) ; *les cristalloïdes seuls, avons-nous dit, traversent la membrane.*

Supposons qu'à un moment donné, la solution du sol et celle des poils absorbants renferment la même proportion d'une substance donnée.

1° Si la consommation est nulle, s'il s'agit d'une substance *indifférente* (soude) ou même *nuisible* à la plante (cuivre), elle ne pénètre plus : l'équilibre est établi.

Quand, dans un pied de tabac en pleine végétation, on dose, d'une part la quantité d'eau P, d'autre part la quantité de soude p qu'il renferme, le titre de la sève en soude $\frac{p}{P}$ est précisément égal à celui du liquide extérieur qui l'alimente (Schlœsing). L'expérience confirme la théorie.

2° Le liquide du sol et la sève du poil absorbant renferment la même proportion de substance *utile*; le poil absorbant en cède bientôt aux cellules environnantes; l'équilibre se trouve rompu et un courant se produit du sol vers la plante.

Dans les cendres d'un végétal, certaines substances se montrent toujours prédominantes; les anciens physiologistes voyaient dans ce fait la preuve que la plante possède une sorte d'instinct, lui permettant de choisir ses aliments dans le sol. Les phénomènes d'osmose nous en fournissent l'explication. La plante absorbe certains principes de préférence aux autres, parce que, pour la constitution de ses tissus, l'organisme a besoin d'en consommer davantage.

La consommation des matières cristalloïdes en règle l'absorption ; ajoutons que chaque principe est absorbé comme s'il était seul.

Les poils radicaux étant capables d'attaquer et

d'absorber indifféremment toutes les substances cristalloïdes du sol, il n'est pas surprenant que la composition chimique des plantes soit si complexe, si variable, et qu'on trouve parfois dans les cendres des substances très rares : zinc, cuivre, lithine, acide borique, iode, etc.

Excrétions des racines. — Les plantes rejettent-elles des substances dans le sol? Nous savons déjà qu'un liquide acide imprègne la surface des poils radicaux, liquide qui leur permet d'exercer une action dissolvante sur les matières insolubles ; sur les phénomènes d'exosmose qui peuvent se produire chez les racines, nos connaissances sont encore très incomplètes. On peut cependant affirmer, qu'au moins pour la généralité des espèces végétales, la vieille théorie de l'excrétion est inexacte.

Suivant cette théorie, à laquelle des savants illustres ont prêté l'appui de leur autorité, une même espèce végétale persistant sur un même point pendant un certain nombre d'années, s'empoisonnerait à la longue avec ses excréments : de là, l'origine des assolements, l'habitude de ne faire revenir une culture dans une même terre qu'à des intervalles plus ou moins éloignés. S'il en était ainsi, comment expliquer, par exemple, que depuis des siècles, les plateaux du Tell produisent de l'alfa presque à l'exclusion de toute autre espèce?

Au temps de César, la Forêt Noire était déjà peuplée, comme aujourd'hui, de magnifiques sapins. Ceux qui ont été plantés récemment dans des terres neuves ne sont pas plus vigoureux.

En ce qui concerne nos plantes de grande culture, les célèbres expériences de Rothamstedt ont fait justice de la théorie de l'excrétion, dans laquelle se révèle à nouveau la tendance des anciens physiologistes à assimiler la nutrition des plantes à celle des animaux.

Plus de cinquante récoltes successives de blé ont été

obtenues dans une même parcelle, en apportant chaque année 35000 kilogrammes de fumier à l'hectare, fumure qui restituait et au delà les principes fertilisants enlevés au sol par la production annuelle.

La moyenne des récoltes s'est élevée à plus de 30 hectolitres de grains, chiffre rarement dépassé dans les meilleures cultures; jusqu'à la fin de l'expérience, les rendements ont été satisfaisants.

Profitant de ces enseignements, les cultivateurs instruits s'inspirent avant tout de considérations économiques dans le choix et l'ordre de succession des cultures. A l'occasion, ils font plusieurs blés et plusieurs betteraves de suite, sans crainte de compromettre la fertilité des terres.

Si la culture prolongée du blé a parfaitement réussi à Rothamstedt, celle du trèfle, par contre, a donné de très mauvais résultats. Pendant vingt années qu'a duré l'expérience en plein champ, à peine une récolte sur quatre s'est montrée satisfaisante.

Nous sommes portés à croire que la théorie de l'excrétion est vraie pour les légumineuses, que les organismes des nodosités, à l'exemple de la levure de bière, du ferment nitrique, etc., sécrètent des matières qui, en s'accumulant dans le milieu extérieur, finissent par leur être nuisibles.

Plusieurs observations, qu'il serait trop long de rapporter ici, s'accordent avec cette hypothèse. Toutefois, ce qui déconcerte, c'est qu'une catégorie seulement de légumineuses, les légumineuses *calcicoles* (trèfle, luzerne, pois, haricots) « fatiguent » rapidement le sol, alors que les légumineuses *calcifuges*, au contraire (lupin, trèfle incarnat), se cultivent couramment sans interruption pendant de longues années, sans qu'il en résulte d'inconvénient.

Est-ce que la chaux des terres calcaires retiendrait le poison et en exalterait les propriétés nocives, alors que les pluies l'entraîneraient facilement dans les autres terres?

L'état actuel de nos connaissances ne permet pas de répondre à cette question. Le retour fréquent des légumineuses calcicoles dans une même terre, présente une importance si considérable, qu'il y aurait un intérêt de premier ordre à rechercher, et les causes de cette sorte d'antipathie qu'elles manifestent pour elles-mêmes, et les moyens d'y porter remède.

CHAPITRE III

TIGE

MORPHOLOGIE EXTERNE

Caractères généraux. — La tige est la partie de la plante qui porte les feuilles. On appelle *collet* la limite entre la tige et la racine. La place du collet, bien marquée dans la jeune plante (V. *fig.* 81), devient moins précise par la suite ; ordinairement, on constate que l'axe se rétrécit à la jonction de la tige et de la racine.

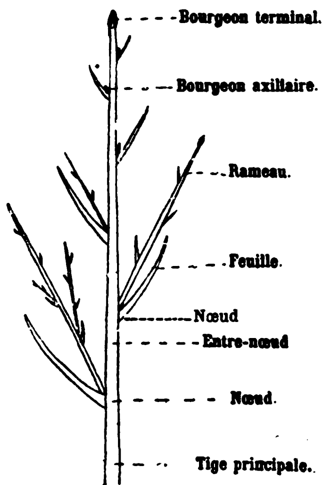


Fig. 103. — Tige et ses rameaux.

On appelle *nœud*, le petit renflement que porte la tige au point d'attache d'une feuille ; *entre-nœud*, l'intervalle entre deux feuilles consécutives (*fig.* 103).

Les entre-nœuds diminuent progressivement de longueur à mesure qu'on se rapproche du sommet de la tige. Vers le sommet, les feuilles, très petites, sont étroitement serrées les unes contre les autres et recouvertes d'*écailles*, qui protègent l'extrémité délicate de la

tige, comme la coiffe protège l'extrémité de la racine. Cette agglomération de feuilles a reçu le nom de *bourgeon terminal*. Quand la tige s'allonge, les feuilles se dégagent successivement du bourgeon ; on constate en outre que les jeunes entre-nœuds grandissent également pendant un certain temps après leur formation.

L'accroissement des tiges est donc à la fois *terminal* et *intercalaire*.

Ramification des tiges. — A l'*aisselle* de chaque feuille, c'est-à-dire dans l'angle qu'elle fait avec la tige, apparaît un *bourgeon axillaire* dont les propriétés rappellent celles du bourgeon terminal. En se développant, les bourgeons axillaires donnent naissance aux rameaux de différents ordres.

Quand un bourgeon ne développe que des feuilles (*bourgeons à bois*), la tige ou le rameau qui le supportent, s'allongent indéfiniment : on dit que l'accroissement est *indéfini*; quand le bourgeon, ordinairement plus renflé, développe à la fois des feuilles et des fleurs (*bourgeons à fruits*), la tige ou le rameau cessent bientôt de s'allonger : l'accroissement est *défini*.

Les bourgeons avortent fréquemment; aussi, les arbres produisent-ils moins de branches que de feuilles.

Des bourgeons axillaires, dont la vie est peu active, se laissent recouvrir d'écorce ; ce sont des *bourgeons endormis*, qui surgissent parfois après des années, sous l'influence de la taille, d'une incision ou de toute autre cause qui détermine un afflux de principes nutritifs dans ces organes.

En outre des bourgeons *axillaires* régulièrement distribués, il en existe d'autres dont la situation échappe à toute règle morphologique : on les nomme *bourgeons adventifs* ; les ramifications qui en dérivent, étant réparties sans ordre, modifient le port général de la plante. Les bourgeons adventifs apparaissent sur tous les organes ; le saule émet sur sa tige ébranchée des centaines de ces bourgeons et devient têtard. Les longues

racines traçantes du pommier, du peuplier, du prunellier, celles des chardons, des ronces en développent, principalement sur les bourrelets cicatriciels qui se forment quand la plante a été blessée par la charrue ; on peut scarifier impunément les vieilles luzernes et les débarrasser des graminées qui les infestent, grâce à la résistance des racines et à la propriété qu'elles possèdent de produire des bourgeons adventifs.

Les feuilles de bégonia, d'oranger, etc., fournissent des racines et des bourgeons adventifs, ce qui permet de les bouturer facilement.

Les différentes sortes de tiges. — Suivant le milieu où elles se développent, les tiges se divisent en deux catégories : les *tiges aériennes* et les *tiges souterraines.*

1° Tiges aériennes. — Les tiges aériennes peuvent être *dressées*, *rampantes* ou *grimpantes.*

A. — D'après leur aspect extérieur, les tiges *aériennes* dressées ont reçu différents noms : *tronc*, *stipe*, *chaume.*

Le *tronc* est la tige des arbres de nos forêts : il est conique et ne porte des branches qu'à partir d'une certaine hauteur.

Le *stipe* est la tige des palmiers ; presque cylindrique, il se termine par un bouquet de grandes feuilles entremêlées de fleurs ou de fruits.

Le *chaume*, comme le stipe, ne se ramifie pas. C'est une tige ordinairement creuse, renforcée de distance en distance par des nœuds d'où partent des feuilles partiellement engaînantes ; les tiges des bambous, du blé et des autres graminées en sont des exemples.

B. — Les tiges *rampantes* portent le nom de *coulants* ou de *stolons* (fraisier, trèfle blanc, agrostis stolonifère, renoncule rampante, etc.). Les plantes stolonifères sont envahissantes à cause de la faculté qu'elles possèdent de s'enraciner au niveau des nœuds et de produire de nouvelles tiges. Dans les prairies, des hersages répétés les empêchent de se propager à l'excès.

C. — Les tiges *grimpantes*, trop faibles pour se soutenir, s'élèvent en s'aidant d'un support : les unes s'enroulent

autour de leur tuteur (houblon, liseron), on les appelle *volubiles* (*fig.* 104); le sens de l'enroulement est le même dans une espèce donnée ; les autres s'accrochent aux corps voisins à l'aide de *vrilles* (vignes, vesces) ou de *crampons* (lierre).


Fig. 104. — Tige volubile du houblon.

2° Tiges souterraines. — Se développant à l'abri de la lumière, les tiges souterraines ne renferment pas de matière verte. Comme les tiges aériennes, elles possèdent un bourgeon terminal, des feuilles régulièrement distribuées, avec des bourgeons axillaires, mais les feuilles y sont réduites à l'état d'écailles. Ces caractères les distinguent immédiatement des racines véritables.

Nous classerons les tiges souterraines en *rhizomes*, *tubercules* et *bulbes*.

A. *Rhizome*. — C'est une tige souterraine allongée, dirigée presque toujours horizontalement, et garnie de racines latérales.

Tantôt, le rhizome s'allonge dans le sol par son bourgeon terminal; ce sont les rameaux nés des bourgeons axillaires qui s'épanouissent dans l'atmosphère et produisent des fleurs et des fruits (chiendent, prêle). Ces *rhizomes indéfinis* sont les plus rares.

Tantôt, l'extrémité du rhizome se relève dans l'atmosphère en produisant une tige garnie de feuilles, de fleurs et de fruits; l'année suivante, un bourgeon axillaire souterrain se développe à la base de la jeune tige, donne naissance à un nouveau rhizome qui, à son tour, se développe dans l'atmosphère (sceau-de-Salomon, laiche, céréales et la plupart des graminées vivaces).

La figure 105 représente un rhizome de sceau-de-Salcmon appartenant à trois générations successives; la cicatrice arrondie *a* représente le point d'attache d'une pousse aérienne de 1901, *b*, la tige de 1902, le bourgeon

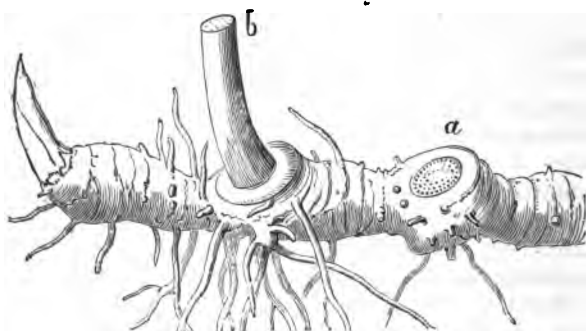


Fig. 105. — Rhizome du sceau-de-Salomon.

terminal fournira la tige feuillée de 1903. A mesure qu'un rhizome s'allonge d'un côté, il se détruit de l'autre, de sorte que la plante se déplace peu à peu.

Dans le blé, l'avoine et toutes les *graminées annuelles*, la partie enterrée de la tige principale produit ordinairement, à une faible distance de la surface, deux tiges secondaires issues de bourgeons axillaires; ces tiges secondaires donnent à leur tour des tiges latérales de différents ordres; les générations se succèdent rapidement et en nombre d'autant plus grand que la plante est plus copieusement nourrie, et que le temps qui s'écoule entre la levée et la « montaison » des chaumes se prolonge davantage.

En semant du blé très clair, de très bonne heure, dans une terre de jardin, on arrive à produire des touffes d'une cinquantaine de chaumes ou *talles*, livrant ensemble jusqu'à deux mille fois la semence.

Le *tallage* est une faculté extrêmement précieuse dans un milieu où les plantes sont exposées à de nom-

breuses causes de destruction ; on s'en exagère beaucoup les avantages, quand il s'agit de céréales soumises à une culture très intensive. L'expérience démontre que les blés les plus productifs tels que le poulard d'Australie, le blé à épi carré sont ceux qui tallent le moins (1).

Chez les graminées de nos prairies qui durent

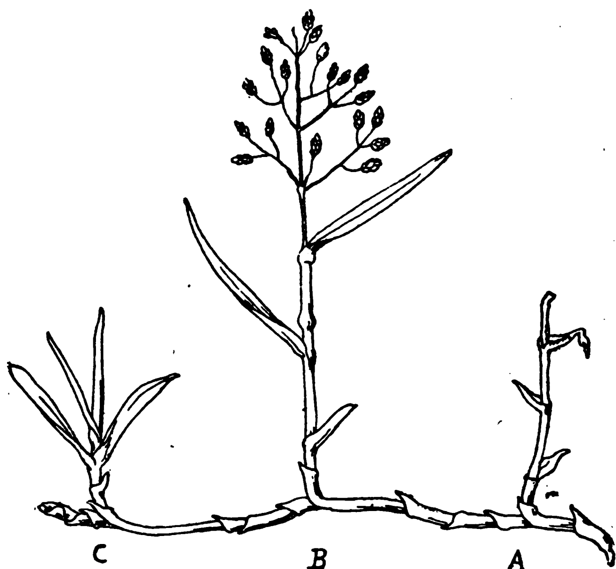


Fig. 106. — Rhizome d'une graminée vivace.

A, axe le plus ancien : il meurt après avoir fructifié ; B, axe fertile ; C, axe ne produisant que des feuilles : il fructifiera l'année suivante.

plusieurs années (*graminées vivaces*), les axes secondaires emploient ordinairement deux saisons végétatives pour se développer : la première année, ils restent stériles et produisent simplement des feuilles ; la deuxième, ils fructifient et meurent après avoir pourvu, par la production de nouvelles pousses souterraines, à la conservation

(1) Schribaux, *Recherches expérimentales sur le tallage.*

de l'espèce (*fig.* 106). Les débris de tiges et de racines des générations successives, finissent par accumuler dans le sol des vieilles prairies des quantités souvent énormes de matières organiques. L'azote que renferment celles-ci est le plus souvent inerte ; un chaulage en provoque la nitrification et augmente la récolte dans des proportions considérables. Dans certaines prairies, l'apport de phosphates et de sels de potasse est souvent indispensable pour que le chaulage produise tout son effet.

On ne saurait assez préconiser les essais de chaulages et d'engrais minéraux dans les vieilles prairies.

Les rhizomes sont ordinairement riches en réserves nutritives ; cette circonstance, jointe à la facilité avec laquelle les plus petits fragments se bouturent, les rend extrêmement difficiles à détruire dans les terres où on les rencontre ; le soleil est le meilleur auxiliaire du cultivateur pour les en débarrasser.

L'élyme des sables, l'oyat ou gourbet (*Arundo arenaria*), graminées à rhizomes puissants, sont précieux pour la fixation des dunes.

B. *Tubercules.* — C'est une tige souterraine renflée et gorgée de matériaux de réserve (pomme de terre, topinambour).

Considérons un pied de pomme de terre issu d'une graine (*fig.* 107). Celle-ci développe d'abord des racines *r* qui ne se renflent jamais ; au-dessus des cotylédons *ct*, la tige émet des rameaux souterrains simples ou ramifiés sur lesquels on aperçoit : 1° des feuilles réduites à l'état d'écailles *éc*, 2° des racines latérales *r'*, 3° des tubercules.

Les tubercules ne prennent naissance qu'à l'extrémité des rameaux ; ils possèdent un bourgeon terminal et des bourgeons axillaires (yeux) placés à l'aisselle des écailles très réduites, dont la chute laisse une cicatrice. Dans la figure 107, le rhizome le plus voisin du sol ne porte de tubercules que sur ses ramifications ; l'extrémité s'étant développée à l'air, s'est transformée en une tige feuillée qui révèle bien la nature

morphologique du tubercule. C'est pour éviter une



Fig. 107. — Jeune pied de pomme de terre issu d'une graine.

rr, **racine pivotante terminale; *r'r'*, racines latérales; *c*, collet; *ct*, les deux cotylédons épanouis en petites feuilles séminales; de leur aisselle, partent des rameaux renflés en tubercules à leur extrémité; *éc*, feuilles des rameaux souterrains réduites à l'état d'écailles; *éc'*, écailles des tubercules, à l'aisselle desquelles se trouvent les yeux ou bourgeons *br*; *b*, rameau souterrain sorti de l'aisselle d'une feuille inférieure normale; il porte deux ramifications renflées en tubercule à leur extrémité; le sommet étant sorti de terre s'est transformé en un bouquet de feuilles *f'*; *f*, feuilles normales (d'après Turpin).**

pareille transformation, qu'on *butte* les pommes de terre.

Si nous plantons un tubercule, chaque œil produira

une tige aérienne avec des feuilles et des fleurs ; sur la partie enterrée, nous verrons apparaître des rameaux grêles qui se comporteront exacte-



Fig. 108. — Bulbe solide. Colchique d'automne fleuri.



Fig. 109. — Bulbe tuniqué de l'oignon (*).

(*) *bl*, bulbe ; *a*, tige fistuleuse ; *f*, *f*, feuilles également creuses ; *f'*, feuille épuisée.

ment comme ceux de la plante issue d'une graine.

C. *Bulbe.* — Le *bulbe* ou *oignon* est une tige courte recouverte d'écailles.

Dans les bulbes *solides*, comme le safran, le colchique d'automne (*fig.* 108), la tige renflée représente la plus grande partie du bulbe, qu'enveloppent seulement quelques écailles membraneuses.

Le plus ordinairement, la tige est réduite à un mince *plateau* qui porte des racines à sa base, et un bourgeon terminal au sommet.



Fig. 110. — Bulbe écailleux du lis.

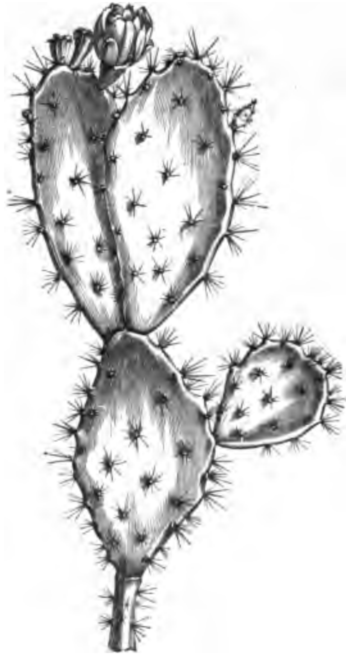


Fig. 111. — Tige charnue d'une cactée (*Opuntia Dillenii*).

Le bulbe est *tuniqué*, lorsque les écailles embrassent toute la circonférence du plateau (oignon, poireau) (*fig.* 109); il est *écailleux*, quand il comporte des écailles étroites et nombreuses imbriquées à la manière des tuiles d'un toit (*fig.* 110).

Autres formes de la tige et des rameaux. — Dans

les plantes grasses des pays chauds (cactus), les tiges sont charnues, affectent la forme de sphères, de cylindres lisses ou cannelés, de lames aplaties appelées *raquettes* (*fig.* 111).

Les *épines* de ces plantes, comme celles du prunellier, de l'ajonc, etc., sont des rameaux modifiés.

Notons encore, au nombre des tiges modifiées, les *vrilles* de la vigne, le *collet* de la betterave, de la carotte et des autres plantes-racines.

Dans le petit houx, les rameaux aplatis prennent la forme de feuilles ; on leur donne le nom de *cladodes*.

MORPHOLOGIE INTERNE

Structure primaire. — Quand on fait une coupe mince dans une jeune tige, à une petite distance du collet, on y trouve un *cylindre central* et une *écorce* (*fig.* 112).

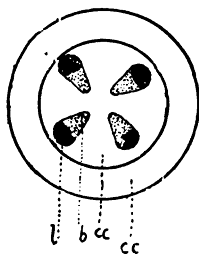


Fig. 112. — Coupe transversale d'une jeune tige.

éc, écorce ; *cc*, cylindre central ; *l*, liber ; *b*, bois.

Si on les rapproche des parties correspondantes de la jeune racine, on remarque aussitôt que le calibre de la tige dépasse sensiblement celui de la racine; de plus, le cylindre central s'y montre proportionnellement beaucoup plus développé que dans la racine, où il est réduit à un filament grêle.

La structure de l'écorce de la tige est moins différenciée que celle de la racine.

On y trouve (*fig.* 113) :

1° L'*épiderme*, *ep.*, constitué par une assise de cellules solidement unies les unes aux autres et renforcées extérieurement par une couche de cuticule qui s'étale sur toute son étendue. De distance en distance, l'épiderme est interrompu par des *stomates st.*

2° Le *parenchyme cortical*, *pc.*, formé de cellules arrondies, vertes au voisinage de l'épiderme.

3° L'*endoderme*, *end*.

C'est par la structure du cylindre central que la tige se différencie nettement de la racine. Il débute également par le péricycle *per*, qui embrasse des *faisceaux l* et *b*, des *rayons médullaires primaires r. m.*, reliant le péricycle à la *moelle m*.

Dans la racine, les faisceaux du liber étaient distincts des faisceaux du bois, et alternaient avec eux ; ici, nous les trouvons soudés les uns aux autres, le liber *l*, au dehors, le bois *b* en dedans ; on exprime ce fait en disant que les faisceaux sont *libéro-ligneux*.

Dans la racine, le développement du bois primaire est *centripète*, c'est-à-dire que les vaisseaux les plus jeunes et les plus étroits (vaisseaux annelés et spiralés) sont les plus extérieurs ; dans la tige, le développement est *centrifuge* ; enfin, tandis que dans le bois primaire de la racine, nous ne trouvions que des vaisseaux, celui de la tige renferme en même temps des fibres.

Le liber de la tige se compose de tubes criblés, de parenchyme et parfois de fibres ; tubes criblés et parenchyme constituent le *liber mou* ; les fibres forment le *liber dur*. Les fibres textiles du lin et du chanvre sont des fibres libériennes. Dans les monocotylédones (céréales), les faisceaux, en très grand nombre, sont disposés en cercles concentriques (Voy. *fig.* 58 *A et B*).

Structure secondaire de la tige. — Dans la tige, comme dans la racine, les formations secondaires sont dues au fonctionnement de deux assises génératrices, la zone *intralibérienne* ou *cambium* et la zone *libérienne* ou *phellogène*.

Ici, les premiers foyers du cambium apparaissent entre les îlots de liber et de bois primaire, et débordent à droite et à gauche ; en se réunissant, ils forment dès le principe un manchon circulaire bien régulier, alors que dans la racine, par suite de la position relative du bois et du liber, le cambium s'infléchit d'abord vers le

centre pour laisser en dehors le liber primaire. Quand

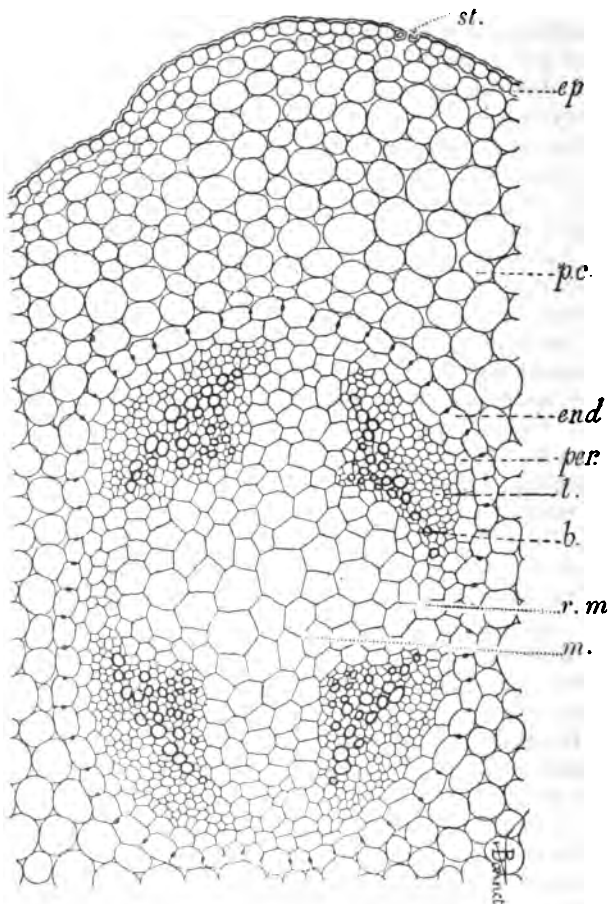


Fig. 113. — Coupe transversale d'une jeune tige de lupin (d'après Hérail).

ep, épiderme; *st*, stomate; *pc*, parenchyme cortical; *end*, endoderme; *per*, péricycle; *l*, liber; *b*, bois; *r. m*, rayon médullaire; *m*, moelle.

au printemps, on écorce une tige, la matière visqueuse

qu'on trouve entre le bois et l'écorce, est fournie par le protoplasma du cambium. Le cambium produit du bois secondaire sur sa face interne, et du liber secondaire sur sa face externe (*fig.* 114).

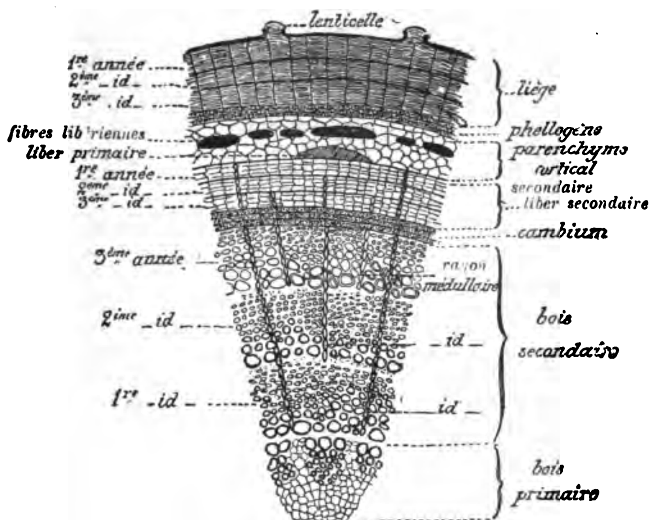


Fig. 114. — Structure d'une tige âgée de trois ans (d'après Parmentier).

Bois. — Dans une tige vivace, les zones génératrices demeurent inactives pendant l'hiver, et recommencent à fonctionner au printemps.

Comme dans la racine, le nombre des couches concentriques du bois permet donc de déterminer l'âge de la plante.

Dans une couche annuelle, on remarque que la partie la plus interne, celle qui se forme au printemps (*bois de printemps*), possède des fibres moins épaisses et des vaisseaux de plus gros calibre que le bois qui se forme à la fin de la saison (*bois d'automne*) (*fig.* 115).

Il s'ensuit que le bois d'automne est de meilleure

qualité que le bois de printemps. Les planches de sapin exposées à l'air présentent bientôt une surface rugueuse;

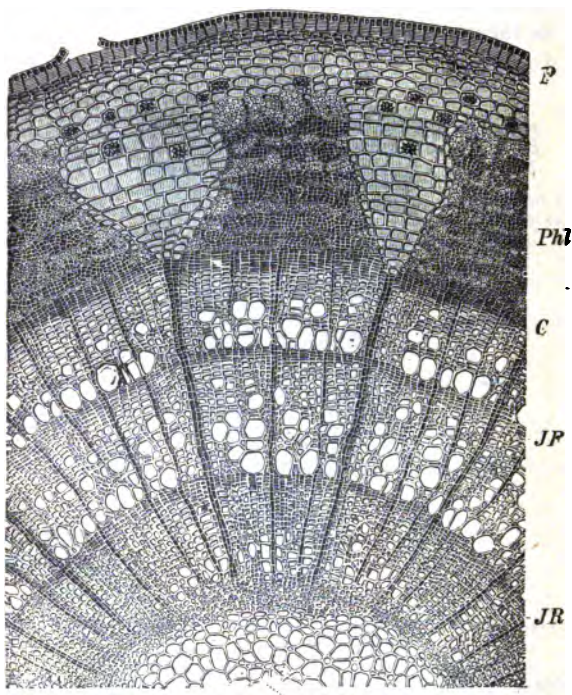


Fig. 115. — Coupe transversale d'un rameau de tilleul de trois ans.

P, périderme, l'épiderme subsiste, mais il est rompu sur un point; *Phl*, liber; C, cambium; JR, bois formé par trois couches concentriques annuelles; le bois de printemps se distingue par ses grands vaisseaux; *m*, moelle.

les saillies correspondent au bois d'automne, les creux, au bois de printemps moins résistant.

Dans le chêne et les autres essences feuillues, la couche de printemps conserve une épaisseur constante; la puissance de la couche d'automne est au contraire

subordonnée à la nature du sol où l'arbre se nourrit et aux influences atmosphériques ; il en résulte que, dans les arbres de cette catégorie, plus les couches annuelles sont épaisses, c'est-à-dire plus la croissance a été rapide, plus leur valeur industrielle est considérable.

Dans les conifères, au contraire, l'épaisseur de la couche de printemps est variable, tandis que celle d'automne reste constante ; ici, il faudra donc choisir les pieds venus dans un sol de mauvaise qualité et sous un climat rigoureux, si l'on désire un bois dur, élastique, où le bois de printemps soit en très faible proportion. Les pins des régions froides sont les plus estimés ; presque tous les mâts des grands vaisseaux se tirent des forêts de la Suède et de la Norvège. L'élasticité n'est pas leur seule qualité : ils sont très grands et parfaitement droits. Ceux de nos montagnes ont une tige un peu tourmentée par la neige qui s'accumule en masse sur les branches, alors que dans les pays du Nord, où la température s'abaisse davantage, elle tombe en poussière et n'est pas retenue par les branches. Les conifères si vigoureux qu'on rencontre dans les parcs fertiles, ne peuvent servir que pour le chauffage, à cause de leur croissance trop rapide.

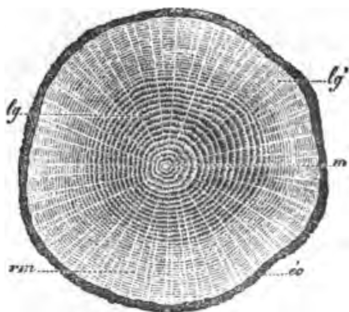


Fig. 116. — Coupe transversale d'un chêne rouvre âgé de trente-sept ans comportant 37 couches annuelles de bois.

éc, écorce ; *lg'*, aubier ; *lg*, duramen ou bois parfait ; *rm.*, rayon médullaire ; *m*, moelle.

En vieillissant, les fibres s'incrustent de lignine et leur couleur se fonce. L'ensemble des couches concentriques les plus anciennes, caractérisées par leur cou-

leur foncée, porte le nom de *cœur* du bois, *bois parfait* ou *duramen* (fig. 116); la zone extérieure blanchâtre s'appelle *bois imparfait* ou *aubier*. L'aubier fournit des fibres moins incrustées et plus riches en matières altérables que le duramen, aussi possède-t-il une moindre valeur.

A mesure que le bois et le liber secondaire gagnent en largeur et en épaisseur, ils sont partagés par des lames de parenchyme dirigées de la périphérie vers le centre, disposition qui leur a fait donner le nom de *rayons médullaires*. Les plus anciens rayons relient la moelle au péricycle, séparent les faisceaux dans toute leur épaisseur : ce sont les *grands rayons* ou *rayons médullaires primaires* ; ceux qui se forment plus tard, les *rayons médullaires secondaires* ou *petits rayons* s'étendent des différentes couches de bois secondaire aux couches de liber de même âge. Les *maillures* des ébénistes sont formées par des rayons médullaires; c'est pour en augmenter l'étendue, qu'on scie les bois de prix dans le sens rayonnant.

Les *veinures* résultent des différences d'aspect que présente le bois à la limite de deux couches annuelles. Elles donnent une grande valeur au noyer et aux broussins, aux loupes, excroissances qui apparaissent ordinairement à la suite des élagages.

Liber. — Les fibres textiles du chanvre, du lin, de la ramie, celles de l'écorce de tilleul, d'osier, de saule qui font employer ces écorces pour la fabrication des liens, sont des fibres libériennes. Moins incrustées que les fibres du bois, elles sont plus souples et plus élastiques; elles se divisent en minces feuillets qui rappellent ceux d'un livre. C'est de là précisément que vient le nom de *liber*, terme qui en latin signifie livre (*fig*. 117).

Liège. — Le liège de la tige est particulièrement intéressant à étudier. Il provient, comme celui de la racine, de l'activité de la zone génératrice extralibérienne ou phellogène.

Dans la plupart des espèces, le liège de la tige se fendille et tombe.

Il prend parfois naissance assez avant dans l'écorce, jusque dans le liber, isolant ainsi des fibres, des vaisseaux; ces éléments ne recevant plus de nourriture,

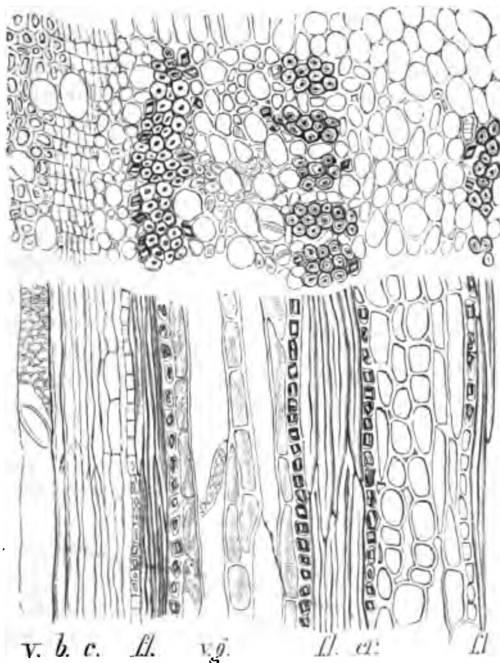


Fig. 117. — Coupe longitudinale et coupe transversale d'un rameau de saule.

v, vaisseau du bois; *b*, bois; *c*, cambium; *fl*, fibres libériennes; *vg*, vaisseaux criblés; *cr*, cristaux.

puisque le liège est un tissu mort, meurent à leur tour; dans ce cas, ou bien l'écorce se crevasse (chêne, pommier, pin), ou bien il se détache en plaques (platanes, vignes). A ce tissu mortifié, composé de liège et d'autres tissus, on donne le nom de *faux liège* ou *rhytidome*.

C'est dans le chêne-liège seulement, que le liège est

assez homogène et assez abondant pour devenir l'objet d'une exploitation industrielle.

On le lève pour la première fois lorsque les arbres ont environ 0m,30 de circonférence ; ce liège, appelé *liège mâle*, est grossier et de mauvaise qualité. Celui qui se forme plus tard est désigné sous le nom de *liège femelle*. On l'explore de temps en temps avec un poinçon, et on le lève quand il a atteint une épaisseur suffisante. L'opération se fait du 1er juin au 1er août. L'enveloppe herbacée, que les ouvriers appellent le *lard* ou la *mère*, n'est pas autre chose que le phellogène. Il va de soi que la mère ne doit pas être endommagée ; cependant, on y pratique des incisions longitudinales afin d'obtenir un liège non fendillé. Ce sont les arbres les plus âgés qui produisent le liège de qualité supérieure. D'après ce que nous savons, il suffit de compter le nombre des couches de liège qui recouvrent un arbre soumis à une exploitation régulière, pour savoir exactement combien d'années se sont écoulées depuis la dernière récolte.

Lenticelles. — Sur les tiges, et sur la plupart des racines, on aperçoit quelquefois des petites taches arrondies ou elliptiques appelées *lenticelles*.

Les lenticelles sont formées de cellules arrondies (*fig*. 118 et 119), faiblement subérifiées, supportées par d'autres plus aplaties, rappelant davantage les cellules subéreuses. Elles prennent naissance sous les stomates ; en se multipliant, elles remplissent la chambre sous-stomatique, soulèvent et déchirent l'épiderme et font hernie au dehors.

Plus perméables que le liège, les lenticelles mettent en communication l'air extérieur avec l'atmosphère interne de la tige.

Les arboriculteurs trouvent dans ces productions de bons caractères pour distinguer les variétés d'arbres fruitiers.

Accroissement en longueur. — Les divers tissus que nous venons de rencontrer, résultent de la différen-

ciation du méristème qui occupe le sommet de la tige

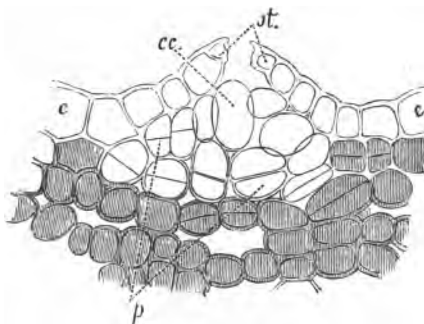


Fig. 118. — Une lenticelle très jeune de sureau.

e, épiderme; *st*, stomate; *cc*, cellules comblantes; le parenchyme est en voie de division.

(sommet végétatif); comme dans la racine (Voy. p. 122), le

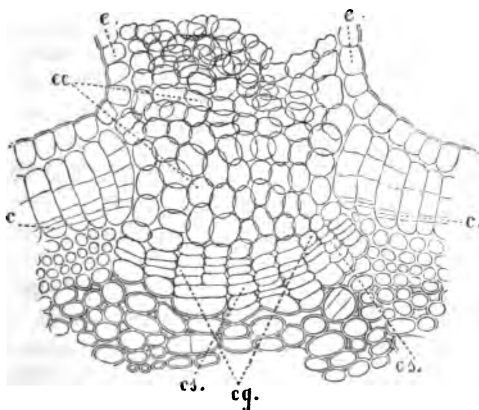


Fig. 119. — Une lenticelle très avancée de sureau.

cc, cellules comblantes ayant rompu l'épiderme *e*; *cs*, liège; *c*, cambium de la tige.

centre est occupé par trois *cellules initiales* superposées

qui, par des cloisonnements successifs, donnent naissance à l'épiderme, à l'écorce et au cylindre central.

Nous résumons dans le tableau qui suit les caractères principaux qui différencient la tige de la racine (1).

Racine.	*Tige.*
MORPHOLOGIE EXTERNE.	
Coiffe.	Pas de coiffe.
Poils temporaires localisés vers le sommet.	Pas de poils temporaires localisés vers le sommet.
Accroissement subterminal.	Accroissement terminal et intercalaire.
Pas de feuilles.	Feuilles.
MORPHOLOGIE INTERNE. — *Structure primaire.*	
Écorce épaisse.	Écorce mince.
Assise pilifère.	Épiderme pourvu de stomates.
Écorce très différenciée.	Écorce peu différenciée.
Faisceaux ligneux et faisceaux libériens alternant.	Faisceaux libéro-ligneux.
Bois centripète.	Bois centrifuge.
Bois formé seulement de vaisseaux.	Bois composé de vaisseaux, de fibres et de cellules.
Initiales profondes.	Initiales superficielles.

Structure secondaire.

Le cylindre central et l'écorce se développent de la même façon dans les deux membres.

PHYSIOLOGIE DE LA TIGE

La tige remplit des fonctions multiples ; elle *soutient* les feuilles et les fruits ; quand elle est jeune, elle renferme des cellules vertes dans l'écorce, mais celles-ci occupent des surfaces si peu étendues qu'elles contribuent faiblement à l'*assimilation* de l'acide carbonique ; les tiges, même les plus ligneuses, renferment, comme les racines, des *réserves* dans la moelle, dans les rayons médullaires et dans l'écorce ; au printemps, la plante

(1) A. Daguillon, *Leçons élémentaires de Botanique.*

puise ses premiers aliments dans les réserves de la tige et de la racine en attendant l'apparition des feuilles. Certaines tiges, avons-nous vu, sont de véritables magasins de réserves localisées dans les parenchymes conjonctifs, qui sont devenus prédominants (tubercules, bulbes, etc.).

La tige, organe conducteur. — Mais le rôle principal de la tige, c'est de charrier la sève des racines aux feuilles et des feuilles aux différents organes. Déterminons quelle voie elle suit, et comment on peut expliquer l'ascension de l'eau dans des plantes qui atteignent quelquefois des hauteurs considérables.

A. *Sève brute ou ascendante.* — On désigne ainsi le liquide tiré du sol par les poils absorbants. *A priori*, on peut admettre que pour se rendre aux feuilles, la sève suit de préférence la voie la plus facile et la plus directe, c'est-à-dire les longs canaux que nous avons désignés du nom de *vaisseaux* ; c'est ce que confirme l'expérience.

Coupons au printemps, au ras du sol, soit une tige de vigne, soit une tige de clématite de haies, où les vaisseaux du bois sont assez gros pour être visibles à l'œil nu ; essuyons ensuite la branche avec du papier buvard : bientôt on verra perler la sève dans le bois, principalement à l'orifice des vaisseaux.

On peut encore plonger des haricots très jeunes dans de l'eau colorée par de la fuchsine ; après quelques heures, en pratiquant une coupe transversale de la tige, on peut constater au microscope que les *vaisseaux du bois* seuls sont teintés de rouge.

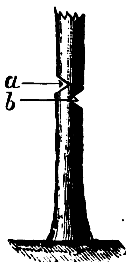


Fig. 120. — Expérience de Hales.

Quand, dans une jeune tige, on pratique, à quelques centimètres l'une de l'autre, deux encoches *a* et *b* dépassant la moelle (*fig.* 120), tous les vaisseaux se trouvent coupés ; cependant la plante ne se fane pas, ce qui prouve bien que la sève peut aussi se propager latérale-

ment, passer à travers les autres éléments du bois; mais à cause des nombreuses cloisons que rencontre la sève, la circulation est évidemment beaucoup moins rapide que dans les vaisseaux.

Dans les arbres, la sève ne circule que dans l'aubier; les vaisseaux du duramen sont fermés par ce qu'on a appelé des *thylles*, sortes de vessies provenant du développement des cellules contiguës qui ont fait hernie dans le vaisseau après avoir percé les ponctuations.

Causes de l'ascension de la sève brute. — On en compte trois principales : 1° la pression osmotique des racines ; 2° la transpiration ; 3° la capillarité.

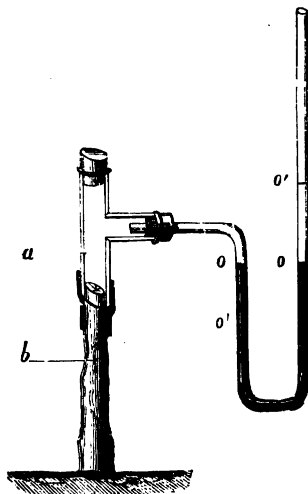


Fig. 121. — Poussée des racines.

b, souche décapitée ; *oo*, niveau initial du mercure ; *o'o'*, niveau du mercure lorsque la pression se fait sentir.

1° La pression exercée par le contenu des poils absorbants, chasse celui des cellules voisines et le fait monter de proche en proche. On peut mesurer la pression osmotique en ajustant un tube manométrique sur une souche de vigne décapitée (*fig.* 121). La pression atteint parfois une atmosphère, c'est-à-dire que, dans un tube vertical, la sève s'élèverait jusqu'à 10 mètres de hauteur.

2° Lorsque la plante rejette de l'eau dans l'atmosphère, la feuille, l'organe qui est le siège de la transpiration, agit comme une pompe aspirante vis-à-vis de l'eau absorbée par les racines.

3° Les deux causes précédentes ne nous expliquent pas comment la sève peut arriver au sommet des arbres

qui atteignent une hauteur de beaucoup supérieure à 10 mètres. On sait qu'en plongeant un tube capillaire dans un liquide, celui-ci s'élève jusqu'à une certaine hauteur, sans qu'aucune force extérieure intervienne. Les vaisseaux sont aussi des tubes capillaires. De plus, des chapelets de bulles d'air réduisent leur section, ce qui augmente encore l'énergie de la capillarité.

Une expérience imaginée par notre regretté maître, M. Vesque, met en évidence ce phénomène. Dans un tube thermométrique très étroit, à section elliptique, on aspire un liquide coloré en rouge, de façon à réaliser un chapelet de bulles d'air séparées les unes des autres par une mince couche de liquide; ce résultat obtenu, on plonge la base du tube dans un récipient renfermant également du liquide rouge et on ferme l'ouverture supérieure avec du plâtre; le liquide s'évapore à la surface du plâtre poreux comme il s'évaporerait dans les feuilles; on voit alors deux filets rouges s'élever le long des parois sans que les bulles d'air se déplacent. On s'explique que la colonne liquide, interrompue par les bulles d'air, puisse s'élever à des hauteurs considérables.

B. *Sève élaborée*. — La sève brute, arrivée dans le parenchyme des feuilles, perd de l'eau par transpiration : elle se concentre; d'autre part, elle se charge des matières organiques fabriquées par la chlorophylle aux dépens de l'acide carbonique de l'air et des matières minérales du sol (nitrate, phosphate, etc.) : cette sève, renouvelée par le travail de la cellule, s'appelle la sève *élaborée* ou sève *descendante*. La dernière dénomination est inexacte, car si la sève élaborée est le plus souvent descendante, elle devient ascendante quelquefois, quand elle se rend, par exemple, dans un bourgeon terminal, qui, revêtu d'écailles épaisses, est encore incapable de décomposer l'acide carbonique de l'air.

Quelle est la voie suivie par la sève élaborée ?

Quand on détache un anneau d'écorce sur une tige, un petit bourrelet cicatriciel apparaît sur le bord infé-

rieur de la plaie ; il se forme, au contraire, pendant le même temps, à la partie supérieure de la blessure, un gros bourrelet garni parfois de racines adventives ; c'est donc que dans cette région l'alimentation a été plus abondante. Si l'on avait laissé une étroite bande d'écorce réunissant les deux bords de la plaie, ou bien si l'on

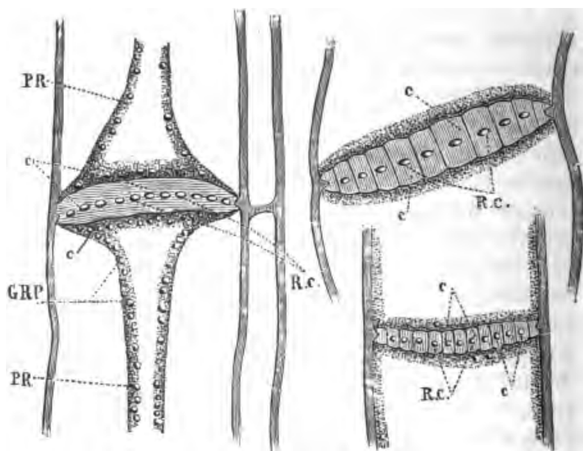


Fig. 122. — Cal des tubes criblés à divers états (d'après Hérail).

c, matière calleuse ; *R. c.*, réseau cellulosique du crible ; *PR*, protoplasma. La préparation ayant été plongée dans l'alcool, le protoplasma s'est détaché de la paroi du vaisseau ; *GRP*, granulations protoplasmiques.

avait pratiqué une incision moins profonde respectant le liber, les deux bords de la plaie auraient produit des bourrelets de même épaisseur.

Ces observations démontrent que c'est dans le liber que s'effectue le transport de la sève élaborée, et qu'il a lieu des feuilles aux autres organes. L'expérience démontre que les vaisseaux criblés sont la voie ordinaire suivie par la sève élaborée.

Pendant l'hiver, la transpiration comme la fonction chlorophyllienne, sont très ralenties ; la circulation de la sève doit donc être aussi très lente, si même elle n'est pas suspendue. Or, à ce moment, les tubes criblés sont précisément bouchés par une substance appelée *substance calleuse* (*fig.* 122) ; ils restent ainsi dans l'inaction jusqu'au printemps, époque à laquelle la substance calleuse disparaît pour laisser passer la sève élaborée.

De ces notions, dégageons quelques indications pratiques. Dans la vigne, on pratique quelquefois une incision annulaire au-dessous du point d'attache des grappes ; la sève descendante dérivée au profit du raisin en favorise le développement (*fig.* 123).



Fig. 123. — Incision annulaire.

Quand un jeune arbre se trouve entièrement décortiqué sur une faible longueur de la tige, on relie les deux bords de la plaie par de jeunes rameaux (greffe américaine). Il arrive souvent que des arbres déjà âgés deviennent souffreteux sans cause apparente ; des incisions longitudinales, pénétrant jusqu'à l'écorce, suffisent parfois pour leur rendre toute leur vigueur ; cette pratique, bien connue des arboriculteurs, a pour effet de déterminer la formation d'une couche annuelle composée d'un tissu délicat, capable de laisser circuler la sève avec plus de facilité que le tissu dense produit sous l'influence de la pression exercée par la vieille écorce.



CHAPITRE IV

MULTIPLICATION ARTIFICIELLE

(MULTIPLICATION ASEXUÉE)

GREFFAGE

Définition de la greffe. — La *greffe* est une opération qui a pour but d'implanter un *greffon*, c'est-à-dire une portion d'un végétal, œil, bourgeon ou rameau, sur un végétal différent appelé *sujet*, qui lui sert de support, et le nourrit exactement comme le ferait le pied-mère duquel on l'a détaché.

On emploie comme sujets, tantôt des arbres venus de graines et qu'on désigne alors sous le nom de *sauvageons* ou de *francs*, tantôt des arbres multipliés par bouture ou par marcotte.

Avantages de la greffe. — La greffe est précieuse quand il s'agit de multiplier les espèces dont les graines ne mûrissent pas complètement sous notre climat, ou celles qui se font remarquer par certaines particularités, telles qu'une forme bizarre, la panachure des feuilles, la beauté des fleurs, la direction des rameaux, anomalies qu'il serait impossible de perpétuer par voie de semis.

D'expériences récentes, il résulte que la greffe permet de créer des *hybrides de greffe*, c'est-à-dire des types sur lesquels on trouve à la fois des caractères appartenant au pied-mère qui a fourni le greffon et au sujet sur lequel ce greffon a été implanté (Voy. p. 178, *La variation dans la greffe*).

En arboriculture fruitière, le greffage permet de repro-

duire intactes les variétés pomologiques; d'améliorer la qualité ou la précocité des fruits; d'augmenter la fertilité des arbres et même, par l'implantation de boutons à fruits, de rendre prolifiques ceux qui sont stériles; de transformer un arbre qui donne de mauvais produits de manière à lui faire porter des fruits de qualité; de renouveler et rajeunir les variétés épuisées; enfin de restaurer les arbres dont la charpente est défectueuse.

Elle est également précieuse pour obtenir en peu de temps la fructification de variétés dont on ignore la valeur : les vignes greffées fructifient au bout de trois ou quatre ans, tandis qu'il leur en faut sept à huit lorsqu'on les multiplie par semis.

Pour les arbres dioïques, on peut avantageusement, par la greffe, réunir les deux sexes sur un même sujet.

Greffes naturelles. — On rencontre souvent dans les forêts des exemples de greffes naturelles. Quand deux tiges naissent d'une même souche ou tout près l'une de l'autre, le vent peut, en les agitant, détruire les parties d'écorce qui se touchent; le cambium des deux donne alors naissance, si les tiges restent ensuite assez longtemps immobiles, à un bourrelet cicatriciel qui les unit intimement.

Végétaux qui peuvent se greffer entre eux. — En général, on ne peut greffer que des plantes du même genre et plus rarement de la même famille.

On greffe entre elles les diverses variétés de poiriers, de pommiers, de rosiers, etc., le poirier sur le cognassier et l'aubépine, le pêcher sur le prunier ou l'amandier, le néflier sur l'aubépine. Dans ces divers exemples, le sujet et le greffon appartiennent à la même famille. Le poirier et le pommier ne se soudent que rarement entre eux, bien que ces deux espèces soient très voisines l'une de l'autre.

Les anciens possédaient sur la greffe les idées les plus erronées; ils supposaient qu'en unissant un rosier à un cassis on obtenait des roses noires; la vigne sur le

noyer devait produire des raisins très gros rappelant la saveur du brou de noix. Récemment encore, on proposait de greffer la vigne sur le cerisier de Sainte-Lucie ou *Cerasus Mahaleb* dont les racines ne redoutent pas les atteintes du phylloxéra : si le greffon s'est développé dans quelques circonstances, il faut chercher la cause de ce résultat ailleurs que dans la greffe : il est probable qu'ayant été enterré accidentellement, le rameau de vigne a émis des racines à la manière d'une bouture.

Conditions à remplir pour assurer le succès d'une greffe. — L'analogie de végétation n'est pas moins importante que l'analogie botanique, il est indispensable que, au réveil de la végétation, les espèces unies entrent simultanément en activité. Il n'est pas possible de greffer des variétés à feuilles caduques sur d'autres à feuilles persistantes ; car, dans ces dernières, la vie n'étant pas éteinte pendant les froids de l'hiver, il faut nécessairement un greffon qui puisse alimenter le sujet ; les matériaux qu'il continue de puiser dans le sol ne pourraient lui profiter, faute d'un tissu assimilateur qui les élabore pendant toute l'année. Le contraire réussit très bien, parce que le greffon évapore de l'eau, assimile et force ainsi le sujet à participer au transport de la sève depuis les racines jusqu'aux feuilles ; celui-ci joue dans ce cas un rôle purement physique.

Les greffons auxquels on donne la préférence sont, le plus souvent, des scions âgés d'un an, mais parfois aussi des pousses herbacées ou semi-ligneuses ; trop vieux, les tissus auraient moins de vitalité et la soudure avec le sujet serait incertaine. Cependant, dans quelques cas particuliers, il est préférable d'employer du bois de deux ans ; par exemple, pour greffer le hêtre.

On choisit toujours des pousses bien saines, car les altérations qu'elles pourraient présenter s'étendraient sur l'arbre tout entier.

En résumé, les greffons doivent présenter tous les caractères à reproduire ; avoir été récoltés sur des arbres ni trop vieux, ni trop jeunes, et exempts de mala-

die; présenter une écorce vive, fraîche et point ridée; enfin, porter des yeux ou bourgeons bien constitués.

Il est bon que la végétation du greffon soit un peu en retard sur celle du sujet; s'il en était autrement, il se dessécherait, car, dans les premiers moments, la sève du sujet pourrait ne pas suffire à l'active évaporation dont il devient le siège. On réalise cette condition en coupant les greffons un mois ou deux avant l'opération du greffage, on les enterre ensuite au pied d'un mur exposé au nord; pendant cette période, ils restent stationnaires, tandis que la végétation du sujet subit l'influence de la température extérieure.

Les parties les plus vivantes du greffon et du sujet, c'est-à-dire le liber, le cambium et le jeune parenchyme ligneux, doivent se correspondre sur une large étendue. De ces tissus, c'est le cambium principalement qui organise au point d'union des végétaux greffés un tissu cicatriciel, qui les soude et permet à la sève de passer de l'un à l'autre, qu'elle soit ascendante ou descendante.

Pour augmenter les chances de reprise de la greffe, on conserve au moins un œil au sujet et au greffon à leur point de jonction. Ces yeux serviront d'*appel de sève* et favoriseront le développement du bourrelet cicatriciel.

A l'aide de ligatures, on maintient le contact entre les parties rapprochées, et l'on recouvre les plaies exposées à l'air d'un englûment qui résiste à la fois à l'humidité et aux changements de température; nous répétons qu'il faut se garder d'employer le goudron ordinaire qui brûlerait les jeunes tissus.

Dès que le greffon commence à se développer, il faut ébourgeonner le sujet de manière à conserver seulement deux ou trois pousses ou *tire-sève*; en outre, on doit attacher la pousse du greffon pour éviter sa rupture et lui faire prendre une bonne direction.

La sève circule assez difficilement au point d'union du sujet et du greffon, elle s'y accumule et forme un

bourrelet. Quand le greffon acquiert un plus grand diamètre que le sujet, on pratique sur ce dernier des incisions longitudinales qui favorisent son accroissement.

Les deux parties de la greffe conservent leurs caractères anatomiques comme si elles vivaient isolées l'une de l'autre. Quand on examine celle du pêcher sur le prunier, on peut voir au-dessus de leur point d'union le bois blanc du pêcher et au-dessous le bois rouge du prunier.

La variation dans la greffe (1). — L'opération du greffage a nécessairement pour effet de modifier le greffon dans sa manière de végéter, dans sa mise à fruit surtout, et c'est très souvent en vue de ces modifications qu'on la pratique.

Mais réciproquement le greffon peut-il influer sur le sujet? La question est très discutée. Pourtant il n'est pas rare de voir la durée de l'existence du sujet modifiée à la suite du greffage.

Il est donc illégitime d'affirmer *à priori*, comme le font encore certains auteurs, qu'il ne saurait y avoir d'influence réciproque du sujet et du greffon. Il est également illégitime d'attribuer à Duhamel du Monceau, à qui la physique des arbres doit tant, la paternité d'une opinion aussi absolue; ce savant physiologiste et agronome, doublé d'un habile praticien, n'a nullement nié toute influence; il a réagi contre les idées très exagérées ou fantaisistes des anciens; il a prétendu qu'on ne pouvait, par le greffage, modifier les caractères génériques ou les caractères spécifiques. « On ne fera pas, disait-il, qu'un poirier donne une pomme; mais ce poirier pourra bien n'avoir plus le même mode de végétation, la même vigueur, la même forme de fruits, ni les fruits la même saveur. »

Quand on plante deux boutures identiques dans deux

(1) Nous devons cette intéressante étude, sur *la variation dans la greffe*, à notre ami M. Griffon, professeur à l'École d'agriculture de Grignon.

sols différents, il est bien certain que les deux arbres qui en résulteront différeront entre eux; chacun d'eux aura été influencé plus ou moins par le milieu où il végétait. Pourquoi n'en serait-il pas de même dans le greffage, puisque, par cette opération, on plante, si l'on peut ainsi parler, une bouture (scion, écusson, etc.) dans un autre végétal, dans un autre milieu par conséquent, que celui dans lequel elle devait se développer à l'état normal? Et réciproquement pourquoi la sève élaborée par le greffon ne viendrait-elle pas modifier le sujet ?

Il n'est donc pas antiscientifique d'admettre la possibilité de l'existence de la variation consécutive du greffage. Les difficultés commencent quand il s'agit d'apprécier la nature et l'importance des variations observées. Aucun botaniste, à l'heure actuelle, n'a encore pu édifier une théorie de la greffe permettant d'expliquer rationnellement tous les faits; du reste, le nombre des cas de variations authentiquement constatés et complètement étudiés n'est pas suffisant. Comme dans certaines questions se rapportant à la doctrine de l'évolution, on discute trop sur des faits anciens plus ou moins bien observés, au lieu de demander la solution à des séries méthodiques d'expériences directes.

M. Daniel, qui, depuis longtemps déjà, s'occupe de la variation dans la greffe, est arrivé à admettre que non seulement il se produit entre le sujet et le greffon une *influence réciproque*, mais encore que cette influence est *spécifique*. Selon lui, les modifications que mentionnent généralement les auteurs, telles que changement dans la durée de la vie de la plante, dans la précocité, dans la qualité des fruits, ne sont que des *variations de nutrition générale*. Ces variations sont dues à ce que les deux plantes associées dans la greffe peuvent n'avoir pas la même capacité d'absorption, le même pouvoir conducteur et transpiratoire, à ce que le parcours de la sève est gêné plus ou moins dans son passage au travers du bourrelet de soudure.

Mais il y aurait d'autres *variations, spécifiques* celles-ci, et aboutissant à ce que des propriétés particulières (certains principes chimiques, faits de morphologie interne ou externe, etc.) appartenant au sujet, apparaîtraient dans le greffon et réciproquement. Il pourrait alors se produire, à la suite du greffage, mélange de caractères aboutissant à la création de véritables « hybrides de greffe ». On pourrait donc se servir de cette opération pour *perfectionner systématiquement* les plantes, comme le font les horticulteurs grâce à l'hybridation sexuelle.

Ce sont précisément ces variations spécifiques que nient beaucoup d'horticulteurs et de savants.

Voici quelques hybrides de greffe ou prétendus tels qui jouissent d'une certaine notoriété.

En 1644 un jardinier de Florence sema la graine d'un oranger sur lequel avait été greffé un citronnier, le greffon ayant accidentellement péri. Les graines du sujet donnèrent un arbuste que l'on désigna depuis du nom de *Bizarria* et qui portait à la fois des fruits analogues à l'orange amère, des fruits semblables à ceux du citron et d'autres intermédiaires à l'orange et au citron.

En 1825, un habile horticulteur, Adam, greffa le *Cytisus purpureus* sur le *Cytisus Laburnum*. Un des écussons bouda pendant un an et donna ensuite plusieurs scions dont l'un, plus vertical et à feuilles plus grandes, fut reproduit par la greffe. Ce rameau fut l'origine du curieux *Cytisus Adami* qui présente tantôt des fleurs pourpres, tautôt des fleurs jaunes, tantôt des fleurs de couleur intermédiaire. En outre, ce singulier végétal a le pistil stérile alors que les étamines sont fertiles.

Enfin il existe à Brouvaux, près Metz, un néflier se composant d'un fût de 1^{m},60 qui représente le tronc primitif d'un *Cratægus* et d'une cime constituée par les branches vigoureuses du *Mespilus*, produite par l'ancienne greffe en tête. Dans la région du bourrelet se développent des branches qui sont épineuses comme dans l'aubépine et veloutées comme dans le néflier ; les

feuilles sont lobées et villeuses; les inflorescences sont corymbiformes et possèdent douze fleurs, ce qui serait peu pour le premier végétal et beaucoup pour le second; enfin les fruits sont intermédiaires à ceux des espèces citées.

Voici maintenant quelques-uns des résultats obtenus par M. Daniel, qui a opéré surtout sur des plantes herbacées.

En greffant le chou de Mortagne, semé en août, sur des navets ronds à collet rose de même âge et dont la racine n'a pas encore commencé à se tuberculiser, il a obtenu des navets qui, au lieu de donner leur tubercule en octobre ou novembre comme les témoins, l'ont formé en mai seulement, quand les choux, greffons ou témoins, pommaient eux-mêmes. Et non seulement le caractère de précocité était changé, mais la saveur avait été modifiée; les navets sentaient le chou.

Le haricot noir de Belgique greffé sur le haricot de Soissons acquiert la saveur désagréable et le parchemin qui caractérisent le fruit du sujet. Si l'on emploie le *greffage mixte*, c'est-à-dire si on laisse quelques pousses au sujet, les modifications observées sont plus accentuées encore; on voit même parfois l'inflorescence et les fleurs du greffon avoir des caractères intermédiaires à ceux des deux végétaux associés.

En greffant une aubergine de la variété longue violette, sur une tomate à fruit côtelé, M. Daniel a obtenu des fruits normaux allongés et lisses, des fruits ovoïdes et lisses, des fruits présentant trois côtes et rappelant la forme arrondie de la tomate.

Le grand soleil (*Hélianthus annuus*), greffé sur le petit soleil, vivace (*Hélianthus lætiflorus*), a pris sur une longueur de 7 centimètres les caractères de l'épiderme du sujet; le bois était très dur et très développé par rapport à la moelle, et l'inflorescence, devenue plus ramifiée, portait une douzaine de capitules.

Le célèbre botaniste allemand Strasbürger, ayant greffé la belladone sur la pomme de terre, constata, à

l'analyse, la présence de l'atropine, alcaloïde spécial au greffon, dans les tubercules du sujet.

D'autre part, ces faits de variations spécifiques, ou soi-disant tels, se manifestent aussi dans les plantes ligneuses, la vigne notamment.

Ainsi M. Jurie, hybrideur distingué, a obtenu la formation d'une grappe hermaphrodite sur un hybride mâle, après avoir greffé sur ce dernier un hybride hermaphrodite remarquable par sa fertilité (greffe mixte).

Le même expérimentateur a pu, grâce à la greffe mixte encore, transmettre au greffon le caractère de maturité tardive du sujet, faire disparaître le goût foxé du raisin et même modifier le degré de résistance au phylloxéra et aux maladies cryptogamiques. Ces faits, gros de conséquences, ont provoqué une vive émotion dans le monde viticole. Il faudra encore de nombreux essais ainsi que la sanction de la pratique culturale pour être définitivement fixé sur ce point.

M. Armand Gautier, comme M. Daniel, n'hésite pas à voir dans tous les cas qui précèdent des faits d'influence spécifique réciproque. Pour ce savant chimiste, la *coalescence des plasmas* appartenant à des plantes différentes, qui se produit à la suite du greffage, permet des échanges qui entraînent fatalement des modifications physiologiques et morphologiques.

Et maintenant une question fort importante se pose. Les variations ainsi produites sont-elles héréditaires : les hybrides de greffe se maintiennent-ils comme le font les hybrides sexuels ? M. Daniel se croit autorisé par ses recherches à admettre l'affirmative. Il a montré, par exemple, en greffant une carotte sauvage sur une carotte cultivée, que les graines issues de la plante supérieure donnent de nombreuses germinations anormales à trois ou à un cotylédon, ce qui n'arrive pas pour les plantes témoins issues de carottes sauvages ordinaires ; plus tard il observa un changement remarquable dans la racine tuberculeuse. On sait que dans une carotte sauvage la racine est blanche, peu épaisse, dépassant rare-

ment un centimètre de diamètre. Or, dans les carottes sauvages provenant d'individus greffés, les racines tuberculeuses étaient encore blanches, mais leur diamètre variait de 2 à 8 centimètres ; les tubercules avaient une saveur peu agréable, mais cependant plus sucrée que dans la carotte sauvage.

Des résultats aussi frappants ont été ainsi obtenus en greffant un chou-rave sur un chou cabus. Les graines issues de la plante supérieure ont donné des choux se rapprochant du greffon par leur tige tuberculeuse, par l'aspect général de la feuille et la couleur de l'épiderme de la tige. Ils ressemblaient au sujet par leurs yeux plus rapprochés et la dureté plus grande de leur écorce; ils présentaient en outre une remarquable résistance au froid comme les choux cabus ou de Mortagne.

Ajoutons, pour terminer, que M. Jurie a obtenu un hybride qui, modifié par la greffe, donna des descendants ayant conservé les caractères acquis de précocité et de franchise de goût. Mais ici, le fait est plus facilement acceptable, car il s'agit de multiplication par bouturage et non de reproduction par graines.

Classification des greffes. — Les greffes connues aujourd'hui sont à peu près au nombre de deux cents; on les classe ordinairement en trois sections :

1re *Section.* Greffes par approche et par rameau non détaché	en placage, en incrustation, etc., etc.
2e *Section.* Greffes par rameau détaché	en fente, en couronne, de côté, sur racine.
3e *Section.* Greffes par œil ou bourgeon détaché	en écusson, en flûte.

Nous allons décrire très brièvement quelques-unes des greffes les plus employées dans la pratique courante.

Greffe par approche en placage. — La greffe par

approche en placage (*fig.* 124) consiste à unir deux plantes voisines par des entailles correspondantes, et à ne détacher le greffon du pied-mère qu'à une époque où ce dernier s'est complètement soudé au sujet.

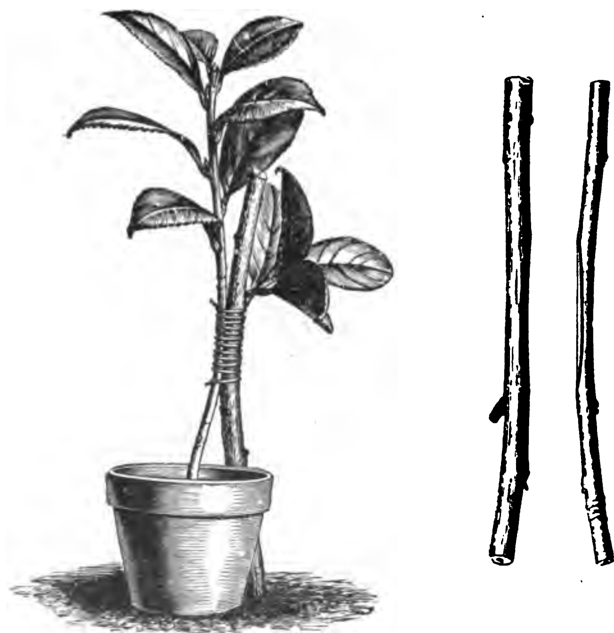


Fig. 124. — Greffe par approche.

La figure de droite montre les entailles pratiquées sur le sujet et sur le greffon; celle de gauche, la greffe terminée.

Cette sorte de greffe sert à multiplier les essences qui se soudent assez difficilement, à remplir les vides que l'on observe dans la charpente das arbres fruitiers, ou encore à augmenter la grosseur des fruits en greffant un rameau gourmand avec leur pédoncule.

L'époque où elle se pratique est à peu près indifférente; que les plantes soient ou non couvertes de

feuilles, le greffon ne craint pas d'être desséché, puisque son pied-mère le nourrit pendant toute la période qui précède la reprise. Au lieu de l'isoler d'un seul coup, il vaut mieux, pour certaines espèces délicates, pratiquer une légère entaille à sa base et en augmenter progressivement la profondeur; en opérant ainsi, le greffon s'habitue à recevoir exclusivement sa nourriture du sujet.

On voit qu'entre la greffe par approche et la marcotte il existe une analogie frappante.

Greffe en fente (par rameau détaché). — Les greffes par rameaux détachés se font ordinairement au départ de la sève, c'est-à-dire pendant le mois de février ou de mars, au moment où les yeux du sujet commencent à s'ouvrir. Pour opérer, on doit choisir un temps un peu sombre et calme pour que l'évaporation des greffons soit le moins rapide possible. Quelquefois, on greffe en août-septembre.

Pour exécuter la greffe en fente, on coupe transversalement la tête du sujet à l'aide d'une serpette ou d'une scie; ce dernier instrument déchire le bois; il faut, après s'en être servi, aplanir la plaie avec une serpette bien tranchante. On fend ensuite la tige à greffer suivant un diamètre et jusqu'à une profondeur de 5 à 6 centimètres environ.

Le greffon est choisi à la partie moyenne d'un rameau; à la partie inférieure, les bourgeons sont peu vigoureux; parfois même, ils font complètement défaut; au sommet, le bois n'est pas suffisamment aoûté.

On taille en lame de couteau la partie inférieure du greffon, sur une longueur de 4 à 5 centimètres, et de telle sorte qu'il reste un bourgeon sur le dos au point où l'entaille commence (*fig.* 125); la partie supérieure est coupée obliquement au-dessus du troisième bourgeon, lequel doit, autant que possible, être situé du même côté que celui de la partie inférieure.

Le greffon est implanté dans le sujet, de manière que les bords internes des deux écorces se correspondent

exactement; en pratique, le greffon est légèrement incliné vers le centre du sujet; on est alors assuré qu'il y a contact au moins en un point, puisque les deux écorces se croisent; on ligature, puis on recouvre les plaies d'un englûment. Il est bon d'abriter les greffons avec un cornet de papier pour les empêcher de se dessécher.

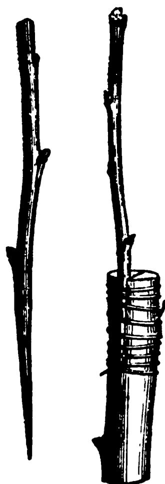


Fig 125. — Greffe en fente simple.

A gauche on voit e greffon préparé; à droite, la greffe terminée.

Sur les arbres à hautes tiges, les oiseaux déplacent bien souvent les greffons sur lesquels ils se perchent; on prévient cet accident en fixant ces derniers sur une baguette en forme de cerceau attachée au sommet du sujet; elle sert de perchoir aux oiseaux, et permet d'imposer au greffon telle direction qui convient à la formation de la tête de l'arbre.

Dans la suite, il faut s'assurer que les ligatures ne sont pas trop serrées, car elles étrangleraient les tissus en voie de croissance.

Le sujet décapité se couvre de pousses qui élaborent la sève destinée à former le tissu cicatriciel; il ne faudrait cependant pas leur laisser prendre un trop grand développement, car elles affameraient le greffon; aussitôt que ce dernier est soudé au sujet, on commence par couper avec l'ongle (pincement) l'extrémité herbacée des rameaux les plus vigoureux, puis on les supprime progressivement en commençant à la base du sujet; ceux du sommet sont coupés à leur tour, lorsque les pousses du greffon ont atteint une longueur de 15 centimètres environ.

Greffe en fente double. — La greffe en fente double se pratique sur des sujets dont le diamètre dépasse 5 à 6 centimètres.

Avec deux greffons, placés en face l'un de l'autre,

aux deux extrémités du diamètre suivant lequel le sujet est fendu, on a deux chances de succès au lieu d'une.

Quand on veut former la tête d'un arbre de haut vent, il faut avoir soin de supprimer le moins vigoureux des greffons lorsqu'ils prennent tous les deux; la pousse unique que l'on conserve, se soude plus complètement ; elle résiste mieux aux vents violents, et le sujet est moins exposé à se fendre en deux.

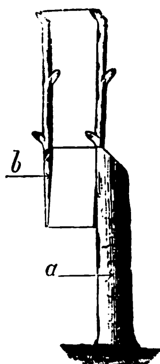


Fig. 126. — Greffe Bertemboise.

a, sujet ; *b*, extrémité du greffon taillée en lame de couteau.

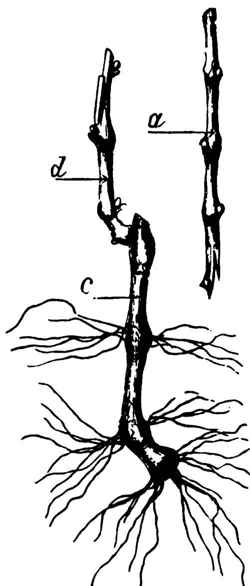


Fig. 127. — Greffe en fente anglaise.

a, greffon ; *c*, *d*, sujet obtenu par bouturage du rameau *c* ; *d*, pousse de l'année sur laquelle s'effectue la greffe.

Greffe en fente Bertemboise. — Elle se pratique sur de petits sujets qui ne peuvent porter qu'un seul greffon ; la tête du sujet coupée en biseau et fendue (*fig.* 126) se termine par une petite surface horizontale, où l'on implante le greffon; les plaies dans la greffe Bertemboise se cicatrisent plus rapidement que dans les autres

greffes; en outre, l'afflux de la sève au sommet du biseau accélère la reprise du greffon.

Greffe en fente anglaise. — On coupe la tête du sujet en un biseau allongé qu'on refend obliquement, de manière à obtenir une languette partant du tiers supérieur de la plaie (*fig.* 127). La même opération se répète, mais en sens inverse, sur le greffon. La greffe anglaise offre de plus grandes chances de succès que la greffe en fente simple, car les surfaces en contact sont considérablement augmentées par les deux languettes. On conserve un bourgeon à la partie inférieure du greffon et un second au sommet du sujet; l'un et l'autre attirent la sève vers les points de soudure.

La greffe anglaise présente l'inconvénient d'exiger un greffon et un sujet de même diamètre. Lorsqu'il est impossible de réaliser cette condition absolue, le greffon, toujours plus petit que le sujet, est fixé de telle sorte que les deux écorces soient en rapport au moins sur une certaine étendue.

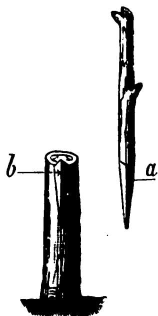


Fig. 128. — Greffe en incrustation triangulaire.

En *b*, on voit le sujet avec son entaille en forme de coin; en *a*, l'extrémité du greffon taillée de même.

Greffe en incrustation triangulaire (greffe à la Pontoise ou bien greffe Lée). — Les fentes pratiquées dans toute l'épaisseur du sujet, se cicatrisent difficilement dans la région du bois. Dans cette greffe, elles sont remplacées par une entaille (*fig.* 128) en forme de coin où vient s'engager le greffon qui est taillé de la même manière.

Greffe en fente herbacée. — Son nom vient de la consistance du greffon et du sujet, lesquels ne sont pas encore lignifiés. Elle est principalement employée pour greffer les chênes et les végétaux à feuilles persistantes, dont la reprise est assez difficile : elle se pratique exactement comme la greffe en fente. Dans les arbres verts, pins, sapins, etc., avant de tailler la base



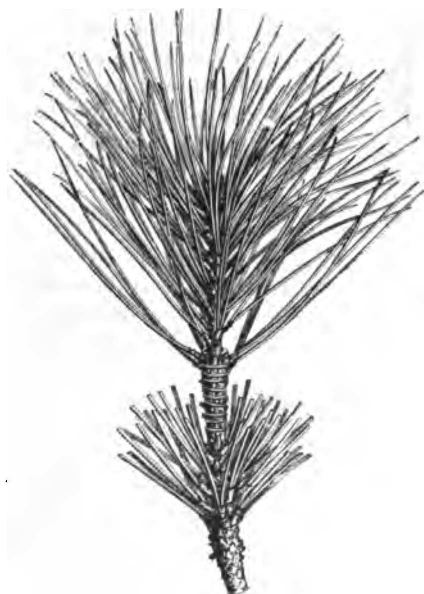


Fig. 129. — Greffe en fente herbacée.

La figure du haut représente le greffon ; celle du bas, la greffe terminée.

11.

greffon, on en supprime les feuilles sur une longueur de 0m,04 environ (*fig.* 129); les greffons sont des pousses *terminales* de même grosseur que l'extrémité du sujet; leur longeur ne dépasse pas 0m,07 à 0m,08; sur la partie débarrassée de feuilles, on enroule des fils de laine destinés à maintenir le contact du sujet et du greffon. On enlève les feuilles persistantes du sujet sur toute la longueur de l'entaille, en réservant toutefois les plus voisines de la section qui servent à attirer la sève au point d'union du greffon et du sujet; c'est dans le même but qu'on supprime les bourgeons du verticille situé immédiatement au-dessous de la section du sujet.

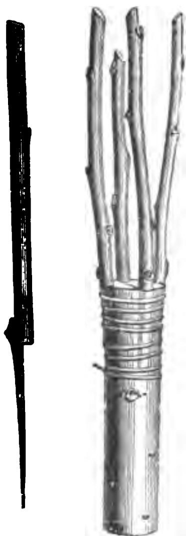


Fig. 130. — Greffe en couronne Théophraste.

A gauche on voit le greffon prêt à être mis en place; à droite, la greffe terminée.

Greffe en couronne. — La tête du sujet est coupée horizontalement; de plus, son écorce, fendue latéralement sur une longueur de 0m,07 à 0m,08, est soulevée à l'aide d'une spatule ordinairement en os, afin d'y introduire le greffon qu'on a taillé en bec de flûte (*fig.* 130).

C'est au mois d'avril ou bien au commencement du mois de mai, lorsque l'écorce est suffisamment en sève pour se détacher facilement, que l'on peut exécuter les greffes en couronne. Exceptionnellement on les pratique, à l'automne, avant l'arrêt de la sève.

Greffe en couronne Du Breuil. — Le sujet dans la greffe Du Breuil est coupé obliquement pour la même raison que dans la greffe Bertemboise, et l'écorce fendue, non pas directement au milieu du biseau, mais un peu à droite ou à gauche; on soulève seulement la partie la plus large (*fig.* 131). Quant au greffon, il diffère de celui de la greffe en couronne précédente par

les deux caractères suivants : 1° le bec de flûte est entaillé latéralement du côté qui doit être appliqué contre l'écorce non soulevée; 2° la section inférieure est oblique afin de correspondre exactement à celle du sujet.

Ce qui fait la supériorité de cette greffe sur les précédentes, c'est la grande étendue des surfaces en contact, circonstance que nous savons favorable au succès de l'opération.

La greffe Du Breuil peut être employée avec succès pour transformer les rameaux gourmands des arbres fruitiers en rameaux à fruits. On choisit un greffon d'une longueur de 5 à 10 centimètres environ, muni d'un ou deux bourgeons à fruits et d'un œil à bois si possible, puis on le fixe sur un gourmand coupé à 0m,07 ou 0m,08 de sa base. Cette greffe étant pratiquée en septembre, on récolte les fruits dès l'année suivante.

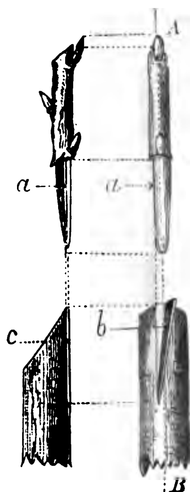


Fig. 131. — Greffe Du Breuil.

A droite on voit le dos du sujet et du greffon; AB en est l'axe; *a*, entaille latérale pratiquée sur le greffon ; *b*, écorce du sujet fendue à gauche et soulevée.

Les greffes de la troisième section, par œil ou bourgeon détaché, consistent à transporter sur le sujet un greffon composé d'un nombre variable de bourgeons fixés à une lame d'écorce.

On les divise en deux catégories: 1° les greffes *en écusson*, dans lesquelles le greffon ne porte qu'un seul bourgeon; 2° les greffes *en flûte* ou *en sifflet*. Dans celles-ci, il y a plusieurs bourgeons attachés à l'écorce du greffon. Les greffes par bourgeons sont celles qui conviennent e mieux aux sujets de faible dimension.

Greffes en écusson. — Le nom donné à ce groupe

vient de ce que l'écorce du greffon rappelle par sa forme un écusson d'armoiries (*fig.* 132).

Les bourgeons sont levés sur des rameaux d'un an et à peu près au milieu de leur longueur, car c'est là qu'ils ont le plus de vigueur. On doit conserver au-dessous de l'écorce l'amas de tissu cellulaire qui s'y trouve, lequel renferme le sommet végétatif du bourgeon. Il ne faudrait cependant pas y laisser trop de bois; la reprise

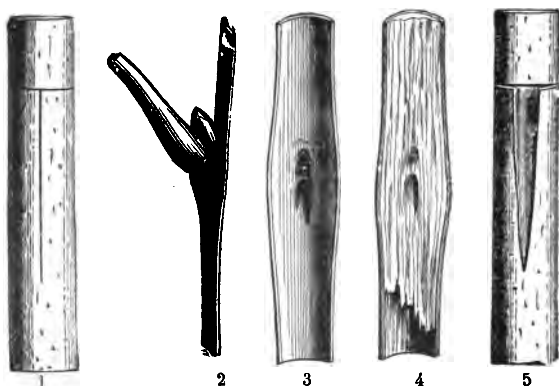


Fig. 132. — Greffe en écusson.

1, sujet portant deux incisions en T. — 2, écusson d'automne vu de profil. — 3, écusson éborgné. — 4, écusson levé avec un peu de bois. — 5, sujet dont l'écorce est levée.

serait rendue plus difficile que si le contact existait presque entièrement par l'intermédiaire du cambium.

On pratique sur l'écorce du sujet deux incisions en forme de **T**; on la soulève ensuite avec la spatule d'un greffoir pour y introduire le greffon; enfin, on ligature avec de la laine. Les plaies ont trop peu d'importance pour qu'il soit nécessaire de les mastiquer.

Les greffes en écusson sont divisées en deux groupes suivant qu'elles sont exécutées au milieu du printemps (greffe à œil poussant), ou bien en été, du 15 juillet au 15 septembre (greffe à œil dormant).

Les greffes par bourgeons, exécutées en automne, sont appelées *greffes à œil dormant* à cause de l'état stationnaire dans lequel elles demeurent pendant l'hiver; on les préfère généralement à celles de printemps, qui donnent fréquemment naissance à des rameaux trop peu lignifiés pour résister aux froids de l'hiver suivant. Il faut bien se garder de couper la tête du sujet dans une greffe par bourgeons effectuée en automne : la sève affluerait dans le greffon qui développerait de jeunes pousses trop délicates pour passer l'hiver.

Greffes en flûte ou en sifflet. — Dans les greffes en flûte ou en sifflet (*fig.* 133), on enlève sur le sujet tout un cylindre d'écorce qu'on remplace par un cylindre de même diamètre détaché d'un rameau de l'espèce à multiplier.



Fig. 133. — Greffe en flûte.

En haut, greffon muni d'un bourgeon; en bas, sujet prêt à recevoir le greffon.

BOUTURAGE

Définition d'une bouture. — Une bouture est une portion de végétal détachée de son pied-mère, à laquelle on fait développer des racines ou des bourgeons adventifs. Les boutures développent des organes appropriés aux milieux dans lesquels elles se trouvent : ainsi un rameau planté dans une terre humide émet des racines adventives, tandis qu'une racine, au contact de l'air et de la lumière, donne naissance à des organes foliacés.

Le bouturage est surtout applicable aux espèces à bois mou : saules, peupliers, platanes, vignes; l'âge augmentant la consistance du bois, le succès de cette opération est d'autant plus certain que les boutures

sont moins âgées. On emploie également ce procédé pour multiplier un grand nombre d'arbrisseaux et d'arbustes et de plantes ornementales.

Reprise de la bouture. — La partie bouturée, tige ou racine, renferme une certaine quantité d'aliments de réserve, qui, sous l'action de la végétation, se transportent aux points où de nouveaux organes sont en voie de croissance. Une partie sert à nourrir le fragment isolé de son pied-mère, tandis que l'autre est employée à former les organes qui en feront un végétal complet. Les matières emmagasinées, représentées surtout par de l'amidon, sont rapidement charriées aux points blessés, et forment là un tissu cicatriciel désigné sous le nom de *bourrelet* (*callus*, en terme de jardinage).

Avantages du bouturage. — La bouture étant une extension de l'individu, le plant enraciné présente tous les caractères du pied-mère.

Les rameaux à bouturer doivent être coupés sur des végétaux qui présentent tous les caractères à reproduire et ils ne doivent porter aucune trace de maladie.

Le bouturage est un mode de multiplication très économique et très expéditif.

Pratique du bouturage. — Les boutures de rameaux ligneux sont exécutées à la fin de l'hiver ou au commencement du printemps, tandis que les boutures de rameaux herbacés et de rameaux semi-ligneux sont faites pendant le cours de la végétation, lorsque les pousses à utiliser sont suffisamment développées.

Pour faire une bouture ligneuse, il faut choisir un rameau âgé d'un an et bien conformé ; couper ce rameau immédiatement au-dessus d'un bourgeon, et l'enterrer de manière qu'un ou deux bourgeons seulement apparaissent au dehors ; donner la préférence à un sol riche, meuble et exposé au nord, afin que la bouture ne se dessèche pas avant de s'enraciner ; la question d'humidité est capitale dans l'opération du bouturage. Nous savons, en effet, que l'eau seule charrie les matières nutritives, et qu'il ne peut se produire aucune

formation nouvelle lorsque les cellules génératrices ne sont pas turgescentes; on prévient la dessiccation en recouvrant le sol d'un paillis, en pratiquant des arrosages et en abritant la partie aérienne de la bouture au moyen de cloches, de claies, etc.

Avec un sol de fraîcheur moyenne, il vaut mieux, surtout dans le Midi, effectuer les boutures en automne, précisément pour empêcher la dessiccation, dont nous venons de signaler les inconvénients. Si le sol est trop humide, on doit préférer le printemps, car pendant l'hiver, l'extrémité enterrée de la bouture pourrait se décomposer. Dans ce cas, les rameaux à bouturer sont mis en bottes dès le mois de décembre, et placés verticalement, le sommet en bas, dans une tranchée ayant une profondeur égale à la longueur des boutures; on recouvre le tout de terre, de manière à former un petit billon qu'on abandonne ainsi jusqu'au printemps, époque de la mise en place. Chaque bouture, munie alors d'un bourrelet, s'enracine bien plus rapidement que si on l'isolait du pied-mère immédiatement avant la plantation.

Classification des boutures. — On divise les boutures en trois sections :

1re *Section.* Bouture de rameaux ligneux ou herbacés	simple, à talon, à crossette, écorcée, à un œil ou semée, etc.
2e *Section.* Bouture de racines	par tronçon de racine.
3e *Section.* Bouture de feuilles	entière, divisée.

Nous allons décrire très brièvement quelques-unes des principales boutures :

Bouture simple ligneuse. — Elle se compose d'un rameau de $0^m,10$ à $0^m,20$ de longueur pour les bois un

peu durs et de $0^m,20$ à $0^m,40$ pour les bois tendres. Le rameau, muni d'un œil ou bourgeon à chacune de ses extrémités, est planté en terre de manière à laisser sortir, au-dessus du niveau du sol, un ou deux yeux.

Bouture simple herbacée ou semi-ligneuse. — C'est une pousse de l'année, de $0^m,08$ à $0^m,10$ de longueur. On enlève les feuilles qui se trouvent insérées sur la partie inférieure à enterrer et on rogne par moitié le limbe des feuilles supérieures pour diminuer l'évaporation. La bouture ainsi préparée est plantée (*fig.* 134), de manière à enterrer environ le tiers du rameau. Pour faciliter la reprise, dans la plupart des cas, il faut recouvrir les boutures d'une cloche ou d'un châssis.



Fig. 134. — Bouture simple faite avec un rameau feuillé de verveine.

Bouture à crossette. — Elle se compose d'un rameau portant à sa partie inférieure un tronçon de vieux bois (*fig.* 135) qui a simplement pour but d'empêcher les boutures de se dessécher quand elles doivent être transportées à une certaine distance.

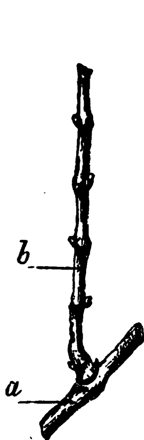
Bouture à talon. — Il est bon de séparer par arrachement le rameau du vieux bois. Ce dernier est représenté dans la bouture par une petite masse appelée *talon*, ce qui lui a valu son nom.

Bouture écorcée. — Dans les boutures de vigne, on enlève près de la base du sarment, à droite et à gauche (*fig.* 136), une lanière d'écorce de $0^m,05$ de longueur environ.

Bouture par plançons. — Pour multiplier les essences à bois tendre telles que peupliers, saules, aunes, on prend des rameaux de trois à cinq ans, bien droits, longs de 2 à 3 mètres et débarrassés de leurs ramifications : on les taille en pointe à leur extrémité inférieure

puis on les enfonce de $0^m,50$ dans un sol humide.

Bouture à un œil ou semée. — Il y a quelque temps,



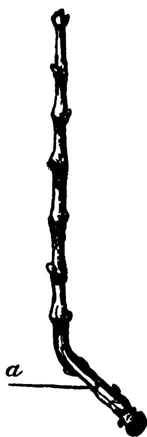


Fig. 135. — Bouture à crossette. Fig. 136. — Bouture écorcée en *a*.

a, tronçon de vieux bois ; *b*, rameau.

on essaya de multiplier la vigne et le mûrier en semant des tronçons de rameaux longs de $0^m,03$ à $0^m,04$ et pourvus chacun d'un bourgeon (*fig.* 137); ce mode de multiplication donne des résultats peu satisfaisants avec la vigne cultivée en plein air. Il est avantageux d'y recourir, quand on veut multiplier la vigne pour culture sous verre; mais alors les boutures sont semées ou mieux plantées sur couche.



Fig. 137. — Bouture de racine semée.

Bouture de racine. — Certaines essences se multiplient facilement par bouture de racine : exemple, le paulownia, le néflier du Japon et autres arbres d'ornement. Il suffit de planter des tronçons de racine (*fig.* 138) d'environ $0^m,15$ de longueur et de les enterrer en ne

laissant hors de terre qu'une longueur de 2 à 3 centimètres.

Bouture de feuille. — Certaines feuilles, telles que celles du *Begonia Rex*, développent des racines lorsqu'on les applique sur le sol, après avoir brisé leurs nervures en certains points, et émettent des bourgeons à la ramification des nervures ou bien sur le limbe lui-même.

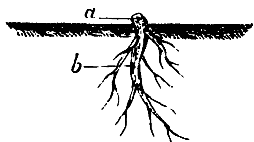


Fig. 138. — Bouture de racine.

a, partie extérieure ; *b*, partie enterrée.

En outre du *Begonia Rex*, dans les serres, on multiplie facilement de bouture de feuille les plantes suivantes : *Hoya carnosa* (Asclépiadées), *Zamiaculcas* (Aroïdées), *Peperomia argyrea* (Pipéracées), *Aphelandra* (Acanthacées), *Gloxinia* (Gesnériacées), *Saintpaulia* (Gesnériacées), *Streptocarpus* (Cyrtandracées).

La multiplication par tubercules, bulbes, bulbilles, caïeux est un véritable bouturage. Nous avons déjà parlé des tubercules (p. 154) et des bulbes (p. 157). Disons un mot des bulbilles et des caïeux.

Caïeux et bulbilles peuvent être considérés comme des bourgeons mobiles; ils s'isolent du pied-mère et donnent naissance à de nouveaux jets à la façon des graines.

Les caïeux sont des bourgeons latéraux que l'on rencontre chez les plantes bulbeuses, telles que la Tulipe, le Lis blanc, l'Oignon, etc. Ils se forment à l'aisselle des feuilles qui constituent les bulbes et ils grossissent progressivement, tandis que les feuilles qui les abritent s'épuisent, s'amincissent et finissent par disparaître.

Les bulbilles sont des bourgeons qui naissent à l'aisselle des feuilles, par exemple dans le lis bulbifère, ou bien quelquefois à la place des fleurs ou entremêlés aux fleurs, dans diverses espèces du genre Ail

Les végétaux qui peuvent se multiplier par ces bourgeons mobiles, sont dits *vivipares* ou *bulbifères*.

MARCOTTAGE

Définition du marcottage. — La marcotte se différencie de la bouture, par ce fait seul qu'elle reste fixée au pied-mère tant qu'elle ne peut se suffire à elle-même. On l'emploie avec succès pour multiplier quelques essences à bois dur rebelles au bouturage.

Classification des marcottes. — On divise les marcottes en deux sections :

1re *Section.* Marcottes simples	par drageon, par butte ou en cépée, en archet, en serpenteaux, etc.
2e *Section.* Marcottes compliquées	par incision annulaire, par incision en Y, etc.

Les *marcottes simples* sont celles dont la partie enterrée ne présente aucune mutilation ; dans les *marcottes compliquées*, le rameau est incisé sur un ou deux points de sa longueur ; la sève afflue alors aux parties blessées, et les recouvre d'un épais bourrelet qui favorise la sortie des racines. Le marcottage compliqué s'emploie

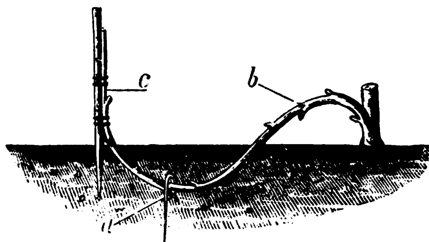


Fig. 139. — Marcotte compliquée, en archet.

b, rameau marcotté ; *c*, extrémité redressée ; *a*, incision.

pour multiplier les essences dont les branches s'enracinent difficilement : exemple, le magnolia.

Les marcottes sont généralement des rameaux âgés d'un an ; quand la reprise est facile, on leur préfère des rameaux de deux ans qui fournissent des pieds plus développés, excepté pour les marcottes herbacées qui se font avec des pousses de l'année.

Conditions de succès du marcottage. — Toutes les plantes ne sont pas susceptibles de se reproduire par marcottage. Celles auxquelles on peut appliquer ce procédé doivent être, pour s'enraciner, placées dans les conditions énumérées ci-dessous : enterrer la partie à faire enraciner dans un sol meuble et frais ; relever hors de terre l'extrémité de la marcotte pour favoriser la circulation de la sève ; inciser la partie enterrée lorsqu'on a affaire à des végétaux qui s'enracinent difficilement ; maintenir au moyen de paillis et d'arrosages le sol suffisamment frais ; faire le sevrage de la marcotte lorsqu'elle est bien enracinée.

Les marcottes ligneuses se font ordinairement au printemps et les marcottes herbacées pendant la végétation, lorsque les bourgeons sont suffisamment développés.

Marcottage en archet. — Dans une tranchée de $0^m,20$ de profondeur environ, on couche un rameau voisin du sol, puis on relève verticalement l'extrémité supérieure qui au sortir de terre est fixée à un tuteur (*fig.* 139). Si le rameau est trop éloigné du sol, on le fait pénétrer sur une longueur de $0^m,20$ dans un vase rempli de terre, maintenu à proximité au moyen d'un support.

Un ou deux ans après cette opération, le sujet a développé suffisamment de racines adventives, on le *sèvre*, comme on dit généralement, c'est-à-dire qu'on l'isole progressivement du pied-mère, en pratiquant entre la portion enterrée et ce dernier une section de profondeur croissante.

Marcottage par butte ou en cépée. — Quand les tiges des essences à marcotter se dégarnissent de rameaux

à leur pied, on les recèpe à 0m,25 du sol (*fig.* 140) ; il se développe bientôt une cépée ou buisson de jeunes pousses, à la base desquelles il suffit de former un petit monticule de terre pour les forcer à s'enraciner.

Marcottage en serpenteaux. — Les rameaux des espèces sarmenteuses (vignes, glycines) sont parfois très longs, de sorte qu'il est possible de les enterrer en plusieurs

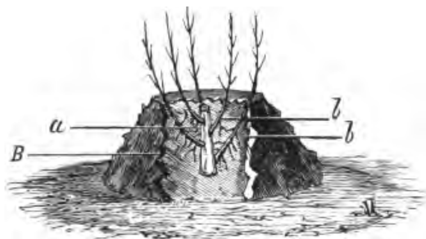


Fig. 140. — Marcottage par butte ou en cépée.

a, tige recépée ; *b*, *b*, jeunes pousses qui développent des racines à leur base ; B, monticule de terre.

points et d'obtenir ainsi plusieurs marcottes ; la forme affectée par les rameaux enterrés fait donner à ce procédé le nom de marcottage en serpenteaux.

Provignage ou couchage. — Le provignage se pratique dans les vignobles pour en rajeunir les vieilles souches. Celles-ci sont couchées dans une tranchée et de leurs sarments les plus vigoureux, au nombre de un, deux et quelquefois de trois, on forme autant de marcottes (*fig.* 141). Ces marcottes enracinées sont appelées des provins.

Les provins donnent beaucoup de vin, mais souvent de médiocre qualité. Les vignobles des grands crus de la Bourgogne et du Bordelais sont plantés de vieux ceps qui sont peu productifs parce qu'ils ne sont pas soumis au provignage pour les rajeunir ; par contre, le vin qu'on en retire est de qualité supérieure.

Marcottage naturel. Drageons, stolons, coulants. —

Beaucoup de plantes nous offrent des exemples de marcottages naturels. Les drageons sont le produit de véritables marcottes par racines.

Dans l'épervière piloselle (*Hieracium pilosella*)

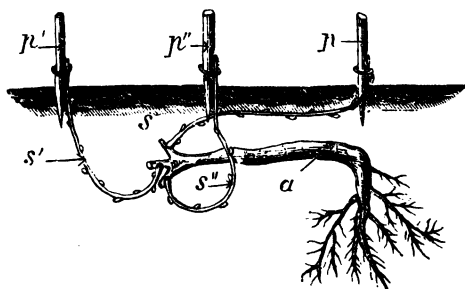


Fig. 141. — Provignage.

a, souche couchée ; *s*, *s'*, *s''*, sarments ; *p*, *p'*, *p''*, piquets maintenant les extrémités des sarments relevées hors de terre.

(*fig.* 142), la véronique officinale (*Veronica officinalis*), la bugle rampante (*Ajuga reptans*), des rameaux grêles



Fig. 142. — Un pied fleuri d'épervière piloselle muni de stolons enracinés.

appliqués sur le sol émettent des racines : on leur donne le nom de *stolons* ou *coulants*.

Les plantes que nous venons de citer, se multiplient spontanément par leurs rameaux aussi bien que par leurs graines ; on conçoit avec quelle rapidité elles se propagent : la renoncule rampante, qui appartient à cette catégorie, est difficile à détruire lorsqu'elle envahit les prairies ou les champs cultivés ; le moindre fragment laissé dans le sol peut devenir un nouveau pied.

CHAPITRE V

FEUILLE

MORPHOLOGIE DE LA FEUILLE

Les feuilles sont des organes formés ordinairement de lames vertes, aplaties, fixées sur la tige au niveau d'un nœud.

Une feuille se compose de trois parties : la *gaine*, le *pétiole* et le *limbe*.



Fig. 143. — Feuille palmatifide du ricin. Gaine, pétiole, limbe.

Gaine. — La gaine est la base élargie des feuilles (*fig*. 143 et 145) ; elle embrasse plus ou moins la tige qui lui a donné naissance; très apparente dans certaines plantes comme les Ombellifères, la gaine manque souvent et c'est le pétiole qui s'attache directement à la tige par une insertion étroite.

Pétiole. — Le pétiole, qu'on appelle vulgairement la queue de la feuille, est une sorte de pédicule grêle qui porte le limbe; les feuilles qui en

sont pourvues sont dites *pétiolées* (lilas); quand il fait défaut, la feuille est dite *sessile*.

Le plus souvent, le pétiole est demi-cylindrique, creusé en gouttière du côté qui regarde la tige; parfois, il est cylindrique ou aplati. Dans le peuplier et le tremble, le plan du pétiole aplati est perpendiculaire à



Fig. 144. — Rameau d'eucalyptus montrant six phyllodes dirigés dans le sens vertical.

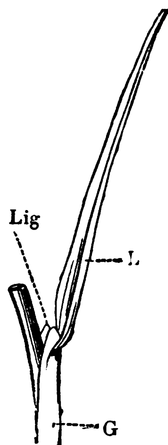


Fig. 145. — Tige d'une Graminée.

L, limbe; G, gaine; Lig, ligule.

celui du limbe, ce qui fait que la feuille mal soutenue s'agite au moindre souffle du vent. Il existe, en Australie, des acacias dans lesquels le pétiole se dilate et remplace le limbe; on donne le nom de *phyllodes* à ces pétioles modifiés; au lieu de s'étendre horizontalement, ils restent verticaux (*fig.* 144); les arbres qui les portent semblent être dépouillés d'organes foliaires, car ils ne donnent ni ombrage ni fraîcheur.

Distinction des céréales en herbe. — Dans les Graminées, le pétiole manque et la gaine élargie embrasse

la tige sur une certaine longueur; on dit que la feuille est *engainante*; à son point d'union avec le limbe elle se prolonge en une lame membraneuse appelée *ligule* (*Lig.*, *fig.* 145). L'examen de la ligule et celui des petites dents latérales situées à la base du limbe fournissent de précieuses indications pour distinguer les Graminées en herbe.

<table>
<tr><th></th><th>BLÉ.</th><th>ORGE.</th><th>SEIGLE.</th><th>AVOINE.</th></tr>
<tr><td>Base du limbe.</td><td colspan="2">Garnie de deux dents qui embrassent la tige, poils raides.</td><td>Arrondie.</td><td>Sans dents.</td></tr>
<tr><td>Ligule.</td><td>Allongée, arrondie.</td><td>Allongée, aiguë.</td><td>Courte, demi-ronde.</td><td>Courte, ovale.</td></tr>
<tr><td>Dents de la ligule.</td><td>Aiguës, sétacées.</td><td>Larges, triangulaires.</td><td>Courtes, triangulaires.</td><td>Aiguës, sétacées.</td></tr>
<tr><td>Côtes des feuilles.</td><td>11-13</td><td>18-24</td><td colspan="2">11-13</td></tr>
<tr><td>Limbe et gaine.</td><td>Vert clair, glabres ou veloutés.</td><td>Vert clair, glabres.</td><td>Rougeâtres, à poils mous.</td><td>Vert clair ou rougeâtres, glabres ou garnis de soies courtes.</td></tr>
<tr><td>Gaine ordinairement roulée.</td><td colspan="3">A gauche.</td><td>A droite.</td></tr>
</table>

Stipules. — Les stipules sont de petits appendices ordinairement foliacés qui accompagnent la base du pétiole dans certaines plantes, exemple : le rosier (*fig.* 146), la fève, la mauve, etc.; leur présence est souvent constante dans toutes les plantes d'une même famille et fournit de bons caractères pour leur détermination. Les épines qui se trouvent à la base des feuilles du robinier (*fig.* 162) sont des stipules modifiées. Dans les pays chauds, des épines ayant la même origine atteignent chez certains arbustes jusqu'à $0^{m},10$ de longueur.

Les stipules se développent souvent avant les feuilles qu'elles accompagnent et les protègent pendant quelque temps. Dans la gesse sans feuille (*Lathyrus aphaca*), plante commune dans nos pays, ce sont les stipules qui remplacent les feuilles absentes, celles-ci se sont transformées en vrilles.



Fig. 146. — Stipules du rosier soudées avec le pétiole.

Limbe. — Le limbe est la partie essentielle de la feuille, il remplit les fonctions les plus importantes; quand il fait défaut, ce qui est très rare, le pétiole se modifie et s'élargit pour le remplacer.

Le pétiole paraît se prolonger dans le limbe pour en former la charpente; les ramifications qu'il y présente portent le nom de *nervures*. On les désigne vulgairement sous le nom de *côtes* lorsqu'elles sont très grosses, comme dans les feuilles de chou.

La disposition des nervures dans le limbe, sa *nervation*, comme on dit, se rattache à quatre formes principales :

1° Une seule nervure, médiane, non ramifiée, prolonge le pétiole. La feuille est *uninerve*, ex. : Conifères, bruyère.

2° Les nervures issues de la tige ou de la gaine sont parallèles et parcourent le limbe dans le sens de sa longueur. La feuille est *rectinerve*. C'est le cas de la plupart des Monocotylédones, ex. : Graminées.

3° La nervure médiane porte des nervures secondaires disposées comme des barbes de plume sur leur tuyau. La nervation est dite *pennée*, la feuille est *penninerve*, ex. : châtaignier (*fig*. 158).

4° Au sortir du pétiole, les nervures s'étalent comme les branches d'un éventail. La nervation est dite *palmée*, la feuille est *palminerve*, ex. : melon (*fig*. 147); ricin (*fig*. 143).

L'intervalle entre les nervures est occupé par un tissu

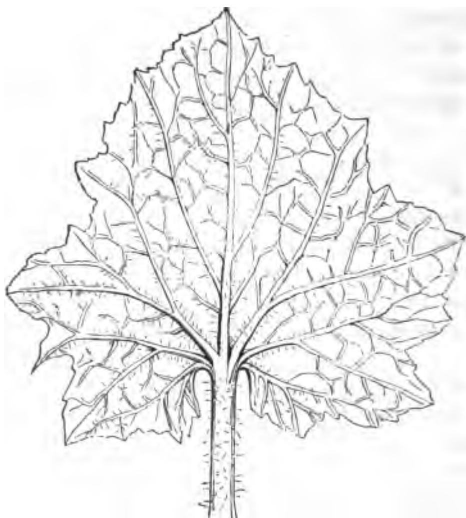


Fig. 147. — Feuille de melon à nervures palmées.

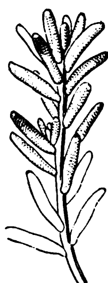


Fig. 148. — Feuilles cylindriques du sedum.

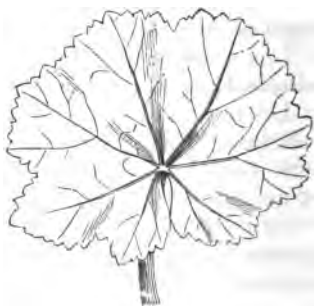


Fig. 149. — Feuille orbiculaire de la petite mauve.

mou, coloré en vert plus intense que les nervures; c'est le *parenchyme*.

Forme des feuilles. — Les formes des feuilles sont extrêmement nombreuses : les unes, c'est le plus grand nombre, sont planes (poirier, pommier, etc.), les autres sont

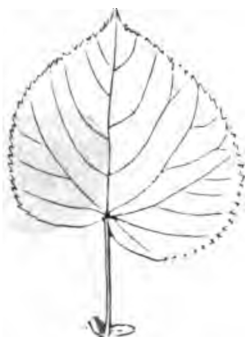


Fig. 150. — Feuille ovale du poirier.



8

Fig. 151. — Feuille cordiforme du tilleul.



Fig. 152. — Feuille lancéolée du troëne.

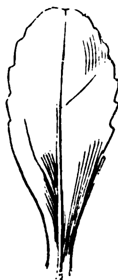


Fig. 153. — Feuille spatulée de la pâquerette.

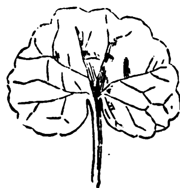


Fig. 154. — Feuille réniforme du lierre terrestre.

cylindriques (sedum, *fig.* 148), filiformes capillaires (renoncule aquatique), etc., etc.

Contour des feuilles. — Les feuilles planes peuvent être *orbiculaires* (petite mauve, *fig.* 149), *ovales* (poirier, *fig.* 150), *elliptiques* (millepertuis), *cordiformes* ou en forme de cœur (tilleul, *fig.* 151), *lancéolées* (troëne, (*fig.* 152), *spatulées* (pâquerette, *fig.* 153), *réniformes* ou en rein (lierre terrestre, *fig.* 154), *sagittées* ou en forme de fer de flèche (liseron, *fig.* 155), *hastées* ou en forme



Fig. 155. — Feuille sagittée du liseron.



Fig. 156. — Feuille hastée de la petite oseille.



Fig. 157. — Feuille peltée de la capucine.

de hallebarde (petite oseille, *fig.* 156), *peltées* ou en bouclier (capucine, *fig.* 157).

Surface des feuilles. — Les feuilles sont *lisses* quand elles ont une surface unie et dépourvue de poils ; parfois l'intervalle compris entre les nervures est trop étroit pour le parenchyme qui se soulève, ex. : les feuilles de chou.

On donne le nom de feuilles *glabres* à celles qui sont dépourvues de poils. Ces derniers se trouvent ordinairement en plus grand nombre à la face inférieure qu'à la face supérieure. La situation, le nombre, les dimensions, la consistance des poils font donner aux feuilles des noms qu'il serait trop long d'énumérer ici.

Découpures des feuilles. — Les feuilles sont *entières*

ou *indivises* quand elles ne présentent aucune découpure. On les dit *dentées* quand le contour du limbe présente des dents très aiguës, ex. : l'ortie, le châtaignier (*fig.* 158), etc.; *crénelées*, quand les dentelures sont arrondies et séparées par des sinus aigus, ex. : le lierre terrestre (*Glechoma hederacea*, *fig.* 154); *sinuées*, quand les découpures profondes, plus longues que les dents, sont obtuses et séparées par des sinus également obtus, ex. : le chêne (*fig.* 159); *lobées*, quand les dents sont larges et pénètrent

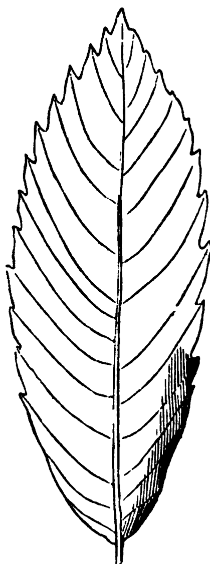


Fig. 158. — Feuille dentée du châtaignier,

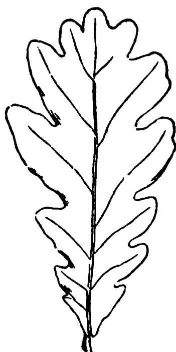


Fig. 159. — Feuille sinuée du chêne.

jusqu'au milieu du demi-limbe ex. : la vigne (*Vitis vinifera*); *fendues* ou *fides* (bifides, trifides, etc.), ex. : l'érable (*fig.* 160) lorsque les sinus étroits entament plus de la moitié du demi-limbe; *partagées* ou *partites* (bipartites. tripartites, etc.), ex. : l'œillet d'Inde (*Tagetes*), quand les sinus pénètrent jusqu'au voisinage de la nervure médiane.

Les découpures sont dues à ce que l'accroissement des feuilles à partir d'un certain âge se localise sur les bords du limbe et s'y effectue d'une manière inégale.

Feuilles simples. Feuilles composées. — On appelle *feuilles simples* (*fig.* 161) celles qui sont formées d'un limbe unique pétiolé ou non (poirier). Les *feuilles composées* sont formées d'un pétiole principal appelé *rachis*, lequel porte une série de petites

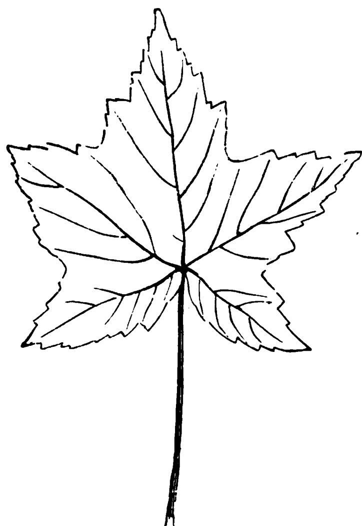


Fig. 160. — Feuille palmatifide de l'érable.



Fig. 161. — Feuille simple du mûrier à papier.

feuilles ou *folioles* pourvues de petits pétioles ou *pétiolules* plus ou moins développés.

Les feuilles *composées* sont *pennées* (*fig.* 162) comme dans le sainfoin, le robinier ou faux acacia, ou *palmées* (*fig.* 163) comme dans le marronnier d'Inde.

Dans les feuilles composées *trifoliées*, c'est-à-dire pourvues de trois folioles, on reconnaît celles qui sont pennées à ce que la foliole terminale est fixée sur le rachis un peu plus haut que les folioles latérales. Les feuilles des trèfles (*Trifolium*), par exemple, sont compo-

sées palmées (*fig.* 164), et celles des différentes espèces de luzerne (*Medicago*) sont composées pennées.

Dispositions des feuilles sur la tige et sur les rameaux. — Les dispositions relatives des feuilles sur la tige et sur les rameaux sont généralement constantes dans une même espèce; cet arrangement est soumis à des lois mathématiques fort remarquables dont



Fig. 162. — Feuille composée pennée du robinier faux acacia.



Fig. 163. — Feuille composée palmée du marronnier d'Inde.

l'étude a reçu le nom de *phyllotaxie*. Le domaine de la phyllotaxie ne s'étend pas seulement aux feuilles normales, mais encore aux feuilles modifiées que nous apprendrons plus tard à connaître sous les noms de *bractées*, de *sépales*, de *pétales*, d'*étamines* et de *pistils*.

Relativement à leur situation sur la tige et sur les rameaux, les feuilles peuvent être divisées en trois catégories : les feuilles *isolées*, les feuilles *opposées* et les feuilles *verticillées*.

Les feuilles *isolées* naissent une seule à chaque nœud de la tige. Elles sont disposées de telle sorte qu'en joignant par une ligne continue les points d'attache des feuilles successives, on obtient une hélice (*fig.* 165).

Lorsqu'on part d'une feuille quelconque on en trouve toujours d'autres situées au-dessus ou au-dessous sur une même génératrice. Le nombre de feuilles qu'on rencontre sur l'hélice en partant d'une feuille quelconque u squ'à celle qui lui correspond verticalement, a reçu le nom de *cycle*. Le nombre et la disposition des feuilles d'un cycle s'expriment à l'aide d'une fraction dont le numérateur indique le nombre de tours de spire et le dénominateur le nombre de feuilles qu'il

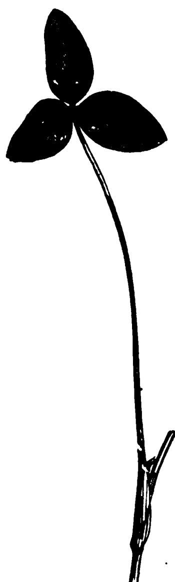


Fig. 164. — Feuille composée palmée du trèfle des prés (*Trifolium pratense*).

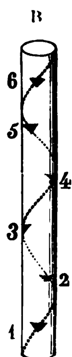




Fig. 165. — Rameau de cerisier à feuilles alternes disposées en quinconce.

comprend. Ainsi, le cycle traduit par 1/3 indique qu'on trouve deux feuilles superposées après un tour de spire, et qu'on rencontre trois feuilles dans ce tour. Les feuilles dont le cycle est représenté par 1/2 sont appelées *distiques* (ex. : l'orme). Celles dont la disposition se traduit par la fraction 2/5 sont dites *en quinconce* : le poirier, le cerisier et beaucoup d'autres arbres en offrent des exemples.

Les fractions suivantes : 1/2, 1/3, 2/5, 3/8, 5/13,

8/21, etc., expriment les dispositions les plus ordinairement observées dans les plantes. Un fait intéressant à noter, c'est que les termes d'une fraction quelconque (sauf 1/2 et 1/3), de la série précédente, s'obtiennent en faisant d'une part la somme des numérateurs, d'autre part celle des dénominateurs des deux fractions qui la précèdent immédiatement; il s'ensuit que le dénominateur étant connu, le numérateur l'est également.

Les feuilles *opposées*



Fig. 166. — Feuilles opposées du mouron des champs.



Fig. 167. — Feuilles verticillées du caille-lait.

naissent sur la tige à la même hauteur, et de points diamétralement opposés, ex. : le mouron des champs (*fig.* 166), le frêne (*Fraxinus*), le lilas (*Syringa vulgaris*), l'ortie blanche (*Lamium album*) et les autres Labiées.

Les feuilles *verticillées* sont disposées en cercle autour de la tige ou des rameaux : le caille-lait (*fig.* 167), le laurier-rose en fournissent des exemples.

Les feuilles opposées et les feuilles verticillées se correspondent de deux en deux entre-nœuds.

Il arrive parfois que le nombre des feuilles d'un cycle est très considérable et que les spires de l'hélice sont très rapprochées. On dit alors que les feuilles sont *en rosette*. Ce fait se produit à la base de la tige d'un assez grand nombre de plantes (ex : la joubarbe, la betterave).

Transformations des feuilles. — La feuille telle que nous l'avons décrite, peut subir des modifications nombreuses qui semblent en faire un organe nouveau. Ces transformations sont le plus souvent en rapport avec les milieux spéciaux où elles vivent et les fonctions variées qu'elles remplissent.

C'est ainsi que les feuilles des plantes aquatiques n'ont pas toujours la même forme, suivant qu'elles vivent dans l'eau, à sa surface ou dans l'air. La renoncule d'eau, vulgairement appelée grenouillette, a des feuilles entières quand elle pousse dans l'air; dans l'eau elles sont profondément divisées et réduites à leurs nervures. Dans la sagittaire, les feuilles submergées ont l'aspect de longues lanières, les feuilles nageantes sont ovales, les feuilles aériennes en fer de flèche. On peut d'ailleurs provoquer à volonté ces transformations, obtenir des sagittaires ayant uniquement des feuilles en lanières ou uniquement des feuilles en fer de flèche, en augmentant ou en diminuant la hauteur de l'eau du bassin où on les fait vivre.

Les tiges souterraines, les rhizomes, portent des feuilles bien différentes de celles des rameaux aériens. Ces feuilles sont réduites à des *écailles* caractérisées par leur couleur blanche, jaunâtre ou brune, leur forme aplatie, l'absence de pétiole (ex. le sceau-de-Salomon). Elles ont ici un rôle de protection pour les points végétatifs de la plante qu'elles recouvrent étroitement en constituant un bourgeon souterrain.

Il en est de même pour les bourgeons aériens. Ils sont protégés à l'extérieur par de nombreuses écailles (*fig.* 168 et 169) très serrées les unes contre les autres, fortement cutinisées, sécrétant parfois une substance résineuse ou visqueuse (pin, marronnier, peuplier).

A l'intérieur de cet épais manteau protecteur, qui tombera à l'éclosion des bourgeons, se trouvent les jeunes feuilles ou les jeunes fleurs enveloppées dans une sorte de bourre formée de nombreux poils enchevêtrés. Ce surcroît de précautions ne paraîtra pas inutile quand on songe que parfois les feuilles et les fleurs qui

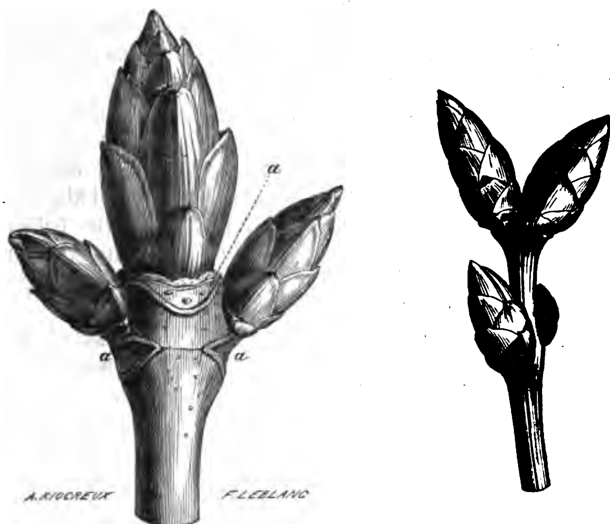


Fig. 168 et 169. — Extrémité d'un rameau du marronnier d'Inde.

En *a*, *a*, *a*, cicatrices laissées par les feuilles après leur chute ; sur la cicatrice supérieure on aperçoit les points de rupture des faisceaux fibro-vasculaires

dorment dans le bourgeon sont formées et souvent hautement différenciées dès la fin de l'été et que leurs tissus tendres et délicats auront à traverser toutes les rigueurs de l'hiver avant de s'épanouir au printemps.

Souvent les écailles souterraines se gonflent de matériaux de réserve et perdent complètement l'aspect de feuilles (ex. les écailles du bulbe du lis, *fig.* 110 ; les lames superposées qui constituent la partie comes-

tible de l'oignon). Pour la même raison, il est souvent difficile de reconnaître dans les *cotylédons* de la graine, souvent épaissis et gorgés de matières nutritives, les premiers éléments foliaires de la plante.

D'autres feuilles encore servent d'organes de réserve et subissent des modifications correspondantes : ce sont les feuilles des *plantes grasses*. Elles sont charnues, épaisses, gonflées d'eau. On n'y distingue plus de nervures et elles sont presque uniquement formées de parenchyme. Ces plantes sont surtout abondantes dans les régions désertiques. Pendant la courte saison des pluies elles emmagasinent dans leurs feuilles l'eau que les racines absorbent et peuvent ainsi traverser de longues périodes de sécheresse sans mourir. Dans le Sud algérien et dans certains districts de Madagascar presque totalement dépourvus d'eau, on peut, malgré l'absence de tout fourrage, élever des bestiaux en leur donnant à manger les raquettes charnues de l'opuntia (*fig.* 111).

Vrilles. — Quelquefois les feuilles subissent des modifications encore plus profondes et deviennent tout à fait méconnaissables. Telles sont les *vrilles*.

Les vrilles sont des organes filiformes, à l'aide desquels certaines plantes peuvent trouver un appui dans les corps environnants. Leur présence dénote un certain degré de faiblesse chez les végétaux qui en possèdent. Dans les vesces, les pois, ce sont seulement les folioles terminales qui donnent des *vrilles*; dans les cucurbitacées (*fig.* 171), dans le *Lathyrus aphaca* c'est la feuille tout entière. Souvent même, c'est un rameau entier qui se transforme comme dans la vigne (*fig*. 170), où les fruits que portent quelquefois les vrilles témoignent nettement de la nature morphologique de ces derniers organes.

La vrille est douée de mouvement et de sensibilité : son extrémité se déplace constamment, et quand elle a trouvé un appui, elle s'y applique et s'y enroule progressivement. Mais cet enroulement, de son extrémité libre à sa base, nécessite une torsion qui finirait par la rompre;

aussi, les vrilles qui se roulent un grand nombre de fois,



Fig. 170. — Sarment de vigne pourvu de deux vrilles.

celles de la bryone (*Bryonia dioica*, *fig.* 171), par exemple,



Fig. 171. - Rameau de bryone montrant une vrille roulée en deux sens différents.

sont-elles tordues en sens différent aux deux extrémités,

comme une corde retenue aux deux bouts qu'on roulerait au milieu. Les vrilles de la vigne vierge se terminent par des disques aplatis sécrétant une sorte de ciment résineux qui la fixe à son support; au moyen de ces pelotes adhésives, elles peuvent se fixer aux murs les plus polis.

Les plantes munies de vrilles se développent mal quand elles ne trouvent pas de tuteurs, c'est pour ce motif qu'on sème les vesces avec du seigle qui leur sert de support.

Épines. Aiguillons. — Les *épines* sont quelquefois aussi des feuilles ou des portions de feuilles transformées. L'épine-vinette (*fig.* 173) est pourvue d'une épine trifurquée qui représente les stipules des feuilles; de même dans le robinier (*fig.* 162). Mais souvent des rameaux entiers se transforment en épines (prunellier, aubépine, ajonc). Les climats secs favorisent la formation des épines ; on sait que presque toutes les plantes des régions désertiques sont épineuses. On a d'ailleurs pu expérimentalement augmenter ou diminuer le nombre des épines de certaines plantes (ajoncs, ono-



Fig. 172. — Feuille de groseillier avec un triple aiguillon à sa base.



Fig. 173. — Branche d'épine-vinette, pourvue d'une épine trifurquée.

nis) en les obligeant à vivre dans un milieu très sec ou très humide. Il s'agit donc encore ici d'une transformation en relation avec le genre de vie de la plante.

Les plantes épineuses sont employées à la formation des haies. Dans nos pays on utilise surtout le prunellier, l'aubépine, le lyciet; dans les pays chauds, les cactus épineux, les aloès, les opuntia.

Les *aiguillons* (*fig.* 172) naissent de l'écorce et s'en détachent facilement comme dans le rosier, les ronces, les groseilliers. Ils sont formés d'éléments mous à leur intérieur et ne sont durs qu'à leur surface ; les épines, au contraire, qui sont des feuilles ou des rameaux modifiés, renferment des faisceaux ligneux à leur intérieur et ne peuvent être arrachées qu'en faisant une blessure au bois.

Une autre modification en relation avec la vie des plantes dans une atmosphère sèche, et qui se traduit surtout sur les feuilles, est la multiplication extraordinaire, dans certains cas, des poils de l'épiderme ou la grande importance que prend le revêtement cireux épidermique. Les poils ou la cire, s'opposant à une transpiration trop active de la plante, lui permettent de subsister dans des régions où elle se dessécherait et mourrait rapidement.

Cette transformation s'est fait sentir d'une manière très nette sur les trèfles ; nos trèfles d'Europe qui sont presque glabres, transportés dans les régions sèches des prairies d'Amérique, s'y sont couverts de poils abondants qui en diminuent la valeur fourragère. Cette propriété s'est d'ailleurs fixée, et les graines que nous envoie l'Amérique fournissent des plantes velues moins appréciées par nos animaux. D'une façon générale, d'ailleurs, les fourrages des pays chauds, rares à cause du manque d'eau, sont en outre de très mauvaise qualité et inutilisables à cause de l'abondance des poils, des arêtes et de la cire qui les recouvrent. Pour la cire en particulier, on sait que les blés des régions du nord fournissent une tige et des feuilles où le revêtement cireux est peu

abondant; transportés dans les régions du midi, ils se recouvrent d'un enduit épais qui leur donne une teinte glauque très prononcée. Telle est sans doute l'origine de la variété de blé connue sous le nom de blé bleu ou blé de Noé.

Enfin, pour terminer ce chapitre des transformations de la feuille, signalons ici une dernière modification sur laquelle nous aurons à revenir : c'est celle qui porte sur les divers éléments floraux, qui ne sont, comme nous le verrons, que des feuilles modifiées et adaptées à des fonctions spéciales.

ANATOMIE OU MORPHOLOGIE INTERNE DE LA FEUILLE

Nous avons déjà vu que la feuille comprend deux parties principales : les *nervures* et le *parenchyme*.

Les *nervures* ont leur axe constitué par des faisceaux libéro-ligneux, prolongements de ceux de la tige. Disposés en lame plus ou moins étalée dans la gaine, ces faisceaux se rapprochent dans le pétiole et s'orientent par rapport au plan de symétrie de la feuille; dans le limbe ils s'étalent de nouveau, se ramifient, s'anastomosent suivant les différents modes que nous avons déjà vus a propos des nervures. Chaque faisceau est composé de vaisseaux du bois placés du côté de la face supérieure de la feuille et de vaisseaux du liber situés au-dessous. Une gaine de tissus jeunes l'entoure comme cela arrive pour l'ensemble des faisceaux de la tige.

Ces faisceaux sont plongés dans le *parenchyme*, formé de cellules à parois minces remplies d'un protoplasme bien vivant. Ces cellules forment en général deux couches distinctes et superposées (*fig.* 174) : celles de la face supérieure, riches en chlorophylle, allongées perpendiculairement à la surface de la feuille, sont toujours disposées sur un, deux ou trois rangs et serrées les unes contre les autres sans intervalle : on les appelle *cellules en palissade* (*p*). Le parenchyme de la face inférieure est composé de cellules irrégulières (*p. lac*), qui laissent entre

elles des vides ou méats, communiquant entre eux et avec l'extérieur. Cette couche est désignée sous le nom de *tissu lacuneux*. Les cellules qui la constituent, moins serrées que celles de la couche supérieure, ont aussi

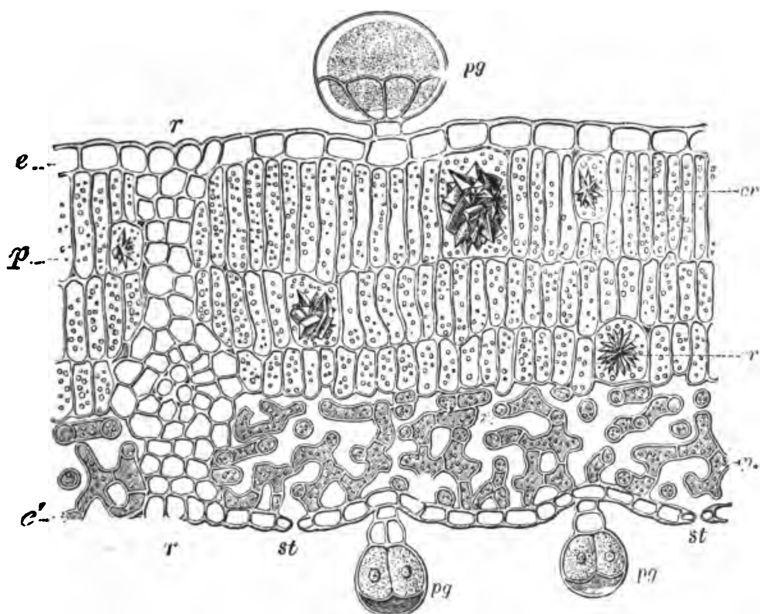


Fig. 174. — Feuille de noyer.

Coupe transversale montrant en *e* l'épiderme de la face supérieure; *e'*, l'épiderme de la face inférieure ; *pg*, les poils glandulaires ; *cr*, cellules contenant des cristaux ; *st*, *stomates* ; *p*, parenchyme en palissade ; *p. lac.*, *parenchyme lacuneux* ; *r*, lame de stéréome renfermant un petit faisceau (Vogl.).

beaucoup moins de chlorophylle; pour cette double raison, la face inférieure des feuilles est ordinairement moins colorée que la face supérieure.

Ajoutons enfin qu'un *épiderme* à cellules cutinisées et ne renfermant pas de chlorophylle limite les faces supérieure et inférieure des feuilles, en continuité directe

avec l'épiderme de la tige. Cet épiderme est interrompu de distance en distance par des *stomates* (*st*), beaucoup plus nombreux à la face inférieure. Ils donnent accès dans les *chambres sous-stomatiques*, assurant ainsi la communication avec le dehors des espaces vides du tissu lacuneux.

Modifications de la structure des feuilles. — De même que l'aspect extérieur des feuilles se modifie sous l'influence du milieu où elles vivent, de même aussi leur structure interne. Dans les plantes aquatiques, par exemple, le tissu conducteur se réduit aux éléments

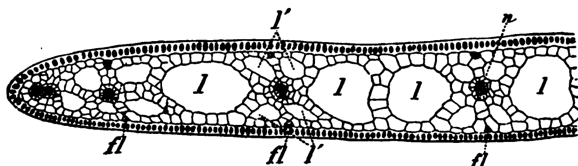


Fig. 175. — Coupe transversale d'une portion de feuille submergée du *Cymodocea æquorea*.

l, *l*, *l*, grandes lacunes; *l'*, *l'*, *l"*, lacunes plus petites; *n*, faisceau libéro-ligneux.

ligneux, d'ailleurs fort peu développés eux-mêmes; l'épiderme, sans cuticule ni stomates, s'amincit beaucoup et ses cellules renferment de la chlorophylle. Le parenchyme n'a plus de cellules en palissade et il est traversé dans toute son épaisseur de lacunes fort nombreuses qui font à la plante une sorte d'atmosphère interne (*fig.* 175). Ces modifications sont d'ailleurs en relation immédiate avec le milieu, puisque les feuilles flottantes ressemblent aux feuilles aériennes par leur face supérieure, et, par leur face inférieure, aux feuilles submergées. Telles sont, par exemple, celles des nénuphars qui recouvrent souvent la surface des étangs.

Les feuilles des plantes grasses qui vivent dans les pays chauds et secs présentent des modifications anatomiques également remarquables. Leur tissu conducteur est fort

réduit, le parenchyme prend un grand développement, tandis que l'épiderme épaissi, dépourvu de stomates ou à stomates protégés par de nombreux poils, s'oppose à une trop grande déperdition d'eau.

Durée des feuilles. — La plupart des plantes vivaces de notre région perdent leurs feuilles à l'automne : ces feuilles sont dites *caduques* ; dans le chêne, etc., il en est qui restent attachées à l'arbre jusqu'au printemps : on les appelle *marcescentes*.

Les feuilles du houx (*Ilex*), du buis (*Buxus*), des Conifères, sauf celles du mélèze (*Larix*), sont dites *persistantes*, elles durent plusieurs années et sont remplacées à mesure qu'elles disparaissent. La proportion des espèces à feuilles persistantes augmente à mesure qu'on s'approche de l'équateur : dans le midi de la France, il en existe déjà un assez grand nombre, ex. : le chêne-liège (*Quercus suber*), le chêne kermès (*Quercus coccifera*), l'olivier (*Olea*), etc.

De l'ensemble de ces faits il paraît bien résulter que la chute des feuilles est une adaptation des plantes au climat. Dans le pays où l'hiver est assez rigoureux pour produire de fortes gelées, les plantes ne pourraient garder leurs feuilles sans inconvénients. Nous verrons en effet que ce sont les feuilles qui, par suite de leur transpiration, règlent la quantité d'eau absorbée par les racines. Si ces plantes gardaient leurs feuilles en hiver, elles seraient remplies d'eau comme en été, et une forte gelée, en congelant cette eau, les ferait éclater.

Il est à remarquer que les plantes qui perdent leurs feuilles dans les pays tempérés les conservent pendant plusieurs années dans les pays chauds. Dans les îles Canaries, la vigne est toujours couverte de feuilles. Le pêcher transporté à Calcutta reste couvert de feuilles toute l'année. D'autre part, les plantes de nos pays qui ont des feuilles persistantes (houx, buis, Conifères) présentent toutes des dispositions anatomiques variées (cuticule très épaisse, stomates protégés) qui réduisent

au minimum pendant l'hiver la transpiration et par suite l'absorption de l'eau.

Sous les tropiques, où l'on ne compte que deux saisons, celle des pluies et celle des chaleurs, les feuilles, chez quelques espèces, tombent pendant cette dernière période. Sur le point de se détacher, les feuilles perdent leur couleur verte et prennent une teinte jaune plus ou moins pâle. Dans la vigne, la coloration de la feuille est en rapport avec celle du fruit. A l'époque de la vendange, on distingue fort bien, à une certaine distance, les ceps à fruits jaunes des ceps à fruits rouges : les feuilles des premiers sont d'un jaune clair, tandis que celles des seconds sont plus ou moins rougeâtres.

Mécanisme de la chute des feuilles. — Les feuilles de presque tous nos arbres se détachent comme si elles étaient articulées : les cicatrices qu'elles laissent sur les rameaux se trouvent au sommet d'un petit renflement qu'on désigne sous le nom de *coussinet* (*fig.* 168). Voici par quel mécanisme elles se détachent : à l'approche de l'hiver, un tissu spécial se forme à la base de la feuille, et donne naissance à une lame transversale de liège. Les cellules vivantes de la feuille, isolées peu à peu du reste de la plante par un tissu inerte, meurent lentement ; celles qui adhèrent à la couche de liège s'en détachent, les faisceaux se rompent mécaniquement et la feuille tombe. Dans une feuille morte du marronnier d'Inde (*Æsculus hippocastanum*), on distingue très bien les faisceaux, figurant des clous plantés dans un sabot de cheval que représente la base du pétiole. A l'automne, lorsqu'il gèle pendant la nuit, les feuilles des arbres tombent en très grand nombre au lever du soleil ; il s'est formé à la base du pétiole un petit glaçon qui a rompu les faisceaux et détruit toute adhérence avec le rameau qui le supporte.

Dans les palmiers, les feuilles restent sur la tige tant qu'elles ne sont pas détruites par les agents extérieurs.

La feuille qui tombe normalement cède auparavant à la plante tous ses principes utilisables ; elle ne ren-

ferme plus ni amidon, ni matière albuminoïde, ni phosphate de chaux. Lorsque, au contraire, la chute est provoquée par une action morbide, la feuille desséchée entraîne tous ces principes : de là une perte sérieuse pour tout l'organisme végétal.

PHYSIOLOGIE DE LA FEUILLE

On a vu déjà que la racine jouait le rôle principal dans l'absorption des liquides et des éléments minéraux dissous nécessaires à la plante.

Les *échanges gazeux*, si importants dans la physiologie générale des plantes, se font surtout dans les feuilles. Les feuilles ne sont d'ailleurs pas les seuls organes où s'accomplissent les échanges gazeux. Tous les organes de la plante sont le siège de semblables phénomènes, mais c'est dans la feuille qu'ils sont le plus accusés. C'est pourquoi nous les étudierons ici.

Les échanges gazeux constituent trois fonctions principales :

1° La *respiration*, qui se manifeste extérieurement par l'absorption d'oxygène et le rejet d'acide carbonique.

2° L'*assimilation chlorophyllienne* par l'absorption d'acide carbonique et le rejet d'oxygène sous l'influence combinée de la chlorophylle et de la lumière.

3° La *transpiration* enfin, qui se caractérise par le rejet de vapeur d'eau. Ces trois fonctions, qui ne sont que le résultat tangible de phénomènes beaucoup plus compliqués et mal connus encore dans leur détail, qui se passent à l'intérieur même des cellules de la plante, s'exercent en même temps et ont entre elles des rapports complexes et multiples qui proviennent du jeu même de la vie des cellules.

Respiration des plantes. — Les plantes, comme les animaux, respirent, c'est-à-dire absorbent de l'oxygène et rejettent de l'acide carbonique. C'est là un phénomène général chez les êtres vivants. Toutefois il a été contesté longtemps pour les plantes, car ici les choses

se compliquent du phénomène inverse de l'assimilation chlorophyllienne qui consiste en un rejet d'oxygène et une absorption d'acide carbonique. Ce dernier phénomène ne se produit, comme nous le verrons, qu'en présence de la lumière. Aussi on a d'abord admis avec de Saussure que les plantes respiraient la nuit à la façon des animaux et que dans le jour le phénomène changeait de sens. De là les noms de *respiration diurne* et de *respiration nocturne*.

Mais on a bientôt appris à séparer les deux fonctions et l'on a vu alors que les plantes respirent toujours de la même façon, aussi bien le jour que la nuit, mais que pendant le jour l'effet de la respiration pouvait être masqué par celui de l'assimilation chlorophyllienne. Il suffit en effet de mettre une plante dans une atmosphère privée d'acide carbonique et d'absorber celui que la plante rejette au moyen de la baryte pour empêcher l'assimilation chlorophyllienne de s'exercer. On constate alors que, même pendant le jour, une plante absorbe de l'oxygène et rejette de l'acide carbonique. Comme l'assimilation chlorophyllienne n'a lieu qu'en présence de la chlorophylle, on peut encore opérer sur des plantes qui en sont dépourvues comme les champignons ou qui ont été étiolées et privées de chlorophylle par un long séjour à l'obscurité.

Dans ces conditions, on a pu constater que l'azote n'intervient pas dans ces échanges. L'azote que contiennent les plantes n'est donc pas puisé directement à l'état gazeux dans l'atmosphère. On a déjà vu qu'il provient ou des nitrates du sol ou qu'il est pris d'abord directement à l'air par des microorganismes qui le fournissent ensuite à la plante sous forme assimilable. On a en outre mesuré en quelque sorte le phénomène en évaluant les quantités de gaz absorbées ou rejetées. Ces études ont montré que le *rapport* des volumes d'oxygène et d'acide carbonique ainsi mis en jeu était toujours le même pour une même plante placée dans les mêmes conditions. Mais les quantités absolues des gaz échangés varient

avec les conditions extérieures ; en un mot, l'intensité de la respiration peut changer.

On a vu ainsi qu'une même plante respire d'autant plus que la température est plus élevée, et cela tant que la plante n'est pas altérée dans sa constitution. En revanche, la respiration diminue d'intensité quand l'éclairement augmente, si bien qu'une plante respire moins activement le jour que la nuit, en plein soleil qu'à l'ombre.

En résumé donc, le phénomène de la respiration des plantes rentre dans la loi générale qui régit les êtres vivants. Les plantes comme les animaux respirent, c'est-à-dire absorbent de l'oxygène et rejettent de l'acide carbonique. Cet échange gazeux, plus ou moins masqué pendant le jour pour les plantes vertes par l'assimilation chlorophyllienne, n'en est pas moins continu, et s'il varie quand les conditions extérieures changent, ce ne sont que des variations d'intensité et non pas de nature qui se produisent.

Assimilation chlorophyllienne. — Le phénomène inverse de l'assimilation chlorophyllienne est, au contraire, un phénomène discontinu. Il ne se produit qu'au contact de la chlorophylle et sous l'influence de la lumière solaire. Dans ces conditions, les plantes vertes, sans cesser toutefois de respirer, rejettent de l'oxygène et absorbent de l'acide carbonique. Rien n'est plus facile à mettre en évidence. Si dans une éprouvette remplie d'eau de Seltz et renversée sur la cuve à mercure on met une plante verte et qu'on expose le tout à la lumière, on ne tarde pas à voir perler à la surface des feuilles des bulles gazeuses qui se rassemblent à la partie supérieure. A l'analyse, le gaz ainsi recueilli se montre formé en grande partie d'oxygène. La plante rejette donc de l'oxygène. Elle a d'ailleurs absorbé une partie de l'acide carbonique de l'eau de Seltz.

Comme pour la respiration, on a pu constater que le rapport du volume des gaz échangés était constant pour une plante donnée dans des conditions bien déterminées.

L'intensité du phénomène varie d'ailleurs aussi avec les conditions extérieures. Ainsi, au point de vue de la température, la plante rejette d'autant plus d'oxygène qu'elle est plus voisine de 25°. En deçà et au delà, l'intensité est moindre. Il y a, comme on dit, une *température optima* pour l'assimilation. L'éclairement a également son importance. Pour les plantes de grande culture en particulier (blé, maïs), l'assimilation croît avec l'éclairement jusqu'à l'éclairement solaire le plus intense. Pour les intensités lumineuses supérieures à celle du soleil qu'on a pu réaliser expérimentalement, l'assimilation se maintient constante.

Quel est le mécanisme de cette action complexe qui consiste pour la plante à fixer l'acide carbonique et à rejeter l'oxygène ? En gros on peut considérer que la plante décompose l'acide carbonique absorbé et en rejette l'oxygène. Le carbone reste dans la plante et c'est lui, comme on sait, qui forme la majeure partie de ses tissus. Nous voyons donc que par suite de l'assimilation chlorophyllienne, à part la faible proportion de carbone absorbée par les racines à l'état de carbonates, tout le carbone des plantes provient de l'atmosphère.

Il nous reste à voir comment la plante peut ainsi décomposer l'acide carbonique et en fixer le carbone. Si l'on s'efforce, par les moyens expérimentaux que nous avons à notre disposition, d'accomplir le même travail, on n'y arrive que très difficilement, en dépensant beaucoup d'énergie et en faisant intervenir soit des températures très élevées, soit des réactifs chimiques puissants. Le carbone et l'oxygène sont étroitement combinés dans l'acide carbonique. Où la plante se procure-t-elle l'énergie nécessaire pour rompre cette union si intime? C'est l'énergie solaire qui est ici mise en œuvre. Nous avons vu que l'assimilation chlorophyllienne ne s'exerce qu'en présence de la lumière et de la chlorophylle. Cette dernière substance, dont nous connaissons déjà quelques propriétés, sert en quelque sorte d'écran et arrête certaines radiations solaires. C'est cette énergie étrangère

que la plante accapare à son profit, qui produit la décomposition dont nous avons parlé.

En réalité, les choses se passent d'une façon encore plus complexe que nous ne l'avons exposé. L'acide carbonique qui pénètre dans la plante n'est pas simplement dédoublé. Il entre certainement, en même temps que l'eau et les sels minéraux absorbés par la racine (*sève ascendante*), en combinaison avec le protoplasme de la cellule. Grâce à l'énergie solaire emmagasinée par la chlorophylle, il se fait dans la feuille des synthèses de composés organiques complexes dont les intermédiaires sont encore mal connus. D'une façon générale, le résultat de ces réactions variées qui se font à l'intérieur des cellules vivantes du parenchyme foliaire, au contact et sous l'influence du protoplasme, est la production d'amidon et de sucres, en particulier le sucre simple qu'on appelle le *glucose*. Le tout est accompagné d'un rejet d'oxygène qui fait dire souvent que le phénomène chlorophyllien est un phénomène de réduction, alors que la respiration serait un phénomène d'oxydation. L'amidon ainsi formé ou bien reste en place dans les cellules (il est facile de constater sa présence au microscope dans les feuilles qui ont séjourné au soleil), ou bien se transforme en produits solubles dans l'eau (glucose) qui vont se distribuer dans toute la plante pour nourrir ses cellules ou pour s'accumuler dans les organes de réserve sous forme de sucres, d'amidon ou de substances grasses. Le liquide ainsi chargé de substances organiques nutritives qui part des feuilles pour se répandre dans toute la plante a reçu le nom de *sève élaborée*. Nous savons que c'est surtout par les vaisseaux du liber qu'il est transporté.

Les considérations qui précèdent nous rendent compte en gros des phénomènes si curieux qui aboutissent à la synthèse de la matière organique à partir des éléments simples ; elles nous permettent de juger le rôle capital que jouent les plantes vertes dans cette synthèse, mais comme elles n'ont pas une grande importance au point

de vue pratique, nous n'insisterons pas davantage sur ce sujet.

La température, comme nous l'avons vu, n'est pas sans influence sur l'assimilation, mais la lumière joue dans ce phénomène le rôle le plus important. Sur la lisière des bois, dans les allées des parcs, les branches dirigées vers la lumière se distinguent toujours des autres par de plus grandes dimensions. L'éclairement exigé par les diverses plantes varie de l'une à l'autre : certaines mousses et fougères ne poussent que dans les anfractuosités de rochers peu éclairées ; le lierre, lorsqu'il forme un épais rideau, contre les vieux murs, ne reçoit que peu de lumière ; cependant il reste vigoureux, tandis que beaucoup de plantes languissent dans nos appartements, faute d'un éclairement suffisant.

On peut dire, d'une manière générale, que la valeur des récoltes fournies par les plantes agricoles est proportionnelle à la somme de lumière déversée par le soleil pendant leur végétation ; dans les stations agronomiques bien organisées, les mesures actinométriques, c'est-à-dire les mesures de l'éclairement, sont l'objet de soins tout particuliers.

Les feuilles sont à peu près les seuls organes assimilateurs de la plante ; nous avons vu que la tige possède de la chlorophylle dans l'écorce primaire ou enveloppe herbacée ; mais cette quantité est presque insignifiante, si on la compare à celle qui se trouve dans les feuilles.

Transpiration. — L'eau provenant des racines, qui a charrié les matières nutritives de la plante, est exhalée à la surface des feuilles sous forme de vapeur d'eau. C'est le phénomène de *transpiration*. Pour s'en convaincre, il suffit de recouvrir d'une cloche une plante vivante. L'eau ne tarde pas à ruisseler sur les parois. C'est surtout par les stomates que se fait cette émission de vapeur d'eau (de même que c'est par les stomates que se font aussi les échanges gazeux) ; il résulte de là que la face inférieure des feuilles transpire plus activement que la face supérieure ; ce fait se vérifie

aisément, à l'aide du papier hygrométrique (il s'obtient en faisant tremper du papier ordinaire dans une dissolution de chlorure de palladium et de fer), employé aujourd'hui à la fabrication de ces fleurs et de ces figures qui, se colorant plus ou moins suivant le degré d'humidité de l'atmosphère, servent à la prévision du temps; celui qu'on applique sur la face inférieure *bleuit* bien plus que celui de la face supérieure.

Il y a lieu de distinguer deux sortes de transpiration dans les feuilles vertes : la *transpiration chlorophyllienne* et la *transpiration proprement dite.*

La première, de beaucoup la plus importante, est en relation directe avec l'action chlorophyllienne. On constate en effet qu'une plante verte brusquement éclairée transpire subitement d'une façon beaucoup plus intense que lorsqu'elle était à l'obscurité. En même temps on constate par des mesures précises, en dosant l'oxygène rejeté, que son activité assimilatrice diminue d'autant. Une partie de l'énergie accumulée par la chlorophylle se reporte donc sur le phénomène de transpiration pour en augmenter l'intensité.

An contraire la transpiration proprement dite est une simple évaporation soumise aux mêmes lois physiques que cette dernière ; comme elle, elle est indépendante de la présence de la chlorophylle et de la lumière ; elle dépend uniquement de la température de l'air, de son état hygrométrique, de son degré d'agitation et de la pression atmosphérique.

Résistance des plantes à la sécheresse. — Si nous considérons au point de vue pratique l'ensemble de la transpiration, nous voyons que son activité varie sensiblement dans les plantes de nature différente, grâce surtout à des dispositions anatomiques diverses, comme par exemple l'épaisseur de la cuticule, l'abondance plus ou moins grande des stomates, leur protection plus ou moins efficace par des revêtements cireux ou des poils glanduleux.

Les plantes aquatiques, telles que les potamogétons,

les nénuphars, se flétrissent après une courte exposition à l'air; au contraire, les plantes grasses de notre région, les sedums (*Sedum*), les joubarbes (*Sempervivum*), vivent longtemps après qu'on les a arrachées et abandonnées à la surface du sol; la pomme de terre, grâce au liège qui la recouvre, conserverait presque complètement son volume initial, si elle n'émettait à l'obscurité de longues pousses qui l'épuisent. Dans les pays chauds, les cactées, pourvues comme nos plantes grasses d'une cuticule épaisse, résistent fort bien à la sécheresse; afin de supporter les plus grandes chaleurs, les feuilles d'orchidées épiphytes de ces mêmes régions présentent une structure fort curieuse qui mérite d'être mentionnée. A leur face supérieure, on trouve, au-dessous de l'épiderme, une couche épaisse de cellules incolores, turgescentes, formant ce qu'on appelle un *hypoderme*. Cette couche cellulaire gorgée d'eau joue à la fois le rôle d'écran et de magasin; c'est un écran, car elle retarde la transpiration; c'est un réservoir, car elle s'épuise pour alimenter la partie verte à mesure que celle-ci se dessèche.

Rapport entre l'absorption par les racines et la transpiration par les feuilles. — Influence des brusques variations de température sur ces deux phénomènes. — Généralement, il y a égalité entre la quantité d'eau exhalée par la plante et celle qui est absorbée par les racines; dans ces conditions, les cellules restent turgescentes, peuvent s'agrandir et se multiplier; mais il arrive parfois que cet équilibre est troublé par suite d'une différence survenue brusquement entre la température de la tige et celle de la racine ou par suite d'une variation brusque de l'intensité de la transpiration provoquée par une variation d'éclairement. Au lever du soleil, par exemple, ou pendant une éclaircie, la partie aérienne, frappée subitement par les rayons solaires, transpire plus qu'elle ne reçoit des racines et alors elle se flétrit. Lorsqu'on traverse un champ de betteraves, pendant une chaude journée d'été, il n'est pas rare de voir les feuilles pen-

dantes et presque flétries à cause d'une transpiration excessive à laquelle les racines ne peuvent faire face. Le contraire arrive également : après une chaude journée, les racines continuent à absorber beaucoup d'eau, tandis que la transpiration est presque arrêtée à la surface des feuilles refroidies; cette eau qui arrive en excès s'échappe parfois à l'état liquide et vient perler à l'extrémité des nervures : c'est le phénomène de la *sudation*; les gouttelettes liquides, qu'on observe fréquemment dans les champs de céréales en herbe, après le coucher du soleil, n'ont pas d'autre origine, et ne doivent pas être confondues avec la rosée ordinaire. A Madagascar, il existe un arbre où ce ne sont plus de rares gouttelettes qui s'échappent des feuilles refroidies pendant la nuit, mais une véritable pluie.

Influence des arrosages effectués alternativement avec des solutions de composition variable. — On peut se demander si les engrais, changeant la composition de la solution saline puisée par les racines, exercent une influence sur l'absorption et la transpiration. C'est là une question intéressante au premier chef, puisque ces deux phénomènes sont étroitement liés au phénomène d'assimilation; on comprend que plus il circulera de matières nutritives dans la plante, plus rapide sera son développement. L'action de chaque engrais en particulier n'a pas été étudiée, mais on sait qu'en arrosant les plantes avec des solutions de composition variable, tantôt avec de l'eau de pluie par exemple, tantôt avec du purin dilué, la transpiration et l'assimilation sont plus énergiques que si l'on employait exclusivement l'une ou l'autre d'entre elles. Il semble donc que la variété dans l'alimentation soit aussi profitable aux plantes qu'aux animaux. M. Vesque, auquel on doit la découverte de ces faits intéressants, a obtenu, par des arrosages pratiqués comme nous venons de le dire, des feuilles de chou d'une épaisseur de $0^{m},0012$ environ; celles des feuilles normales ne dépasse pas $0^{m},0004$.

CONSÉQUENCES PRATIQUES. — Nous connaissons le rôle



physiologique des feuilles, il nous reste à discuter certains faits pratiques d'une réelle importance. La plupart des plantes cultivées sont soumises à des binages plus ou moins répétés ; le soin avec lequel on évite de recouvrir de terre leurs organes foliacés, se trouve suffisamment justifié, quand on se rappelle qu'une feuille à l'abri de la lumière ne saurait créer de la matière organisée.

Dans les petites exploitations, où l'on cultive des betteraves, on a généralement l'habitude d'en couper les feuilles inférieures pendant l'été, pour les donner aux bestiaux. Cette pratique ne saurait être trop combattue : la racine, qu'elle soit sucrière ou fourragère, privée d'une partie de ses organes de nutrition, ne prendra qu'un développement limité ; il faut bien se persuader que ces feuilles, qui ne constituent d'ailleurs qu'un fourrage aqueux et peu nourrissant, ont une valeur comme aliment bien inférieure à celle des matières azotées, sucrées et autres qu'elles sont chargées d'organiser. Il arrive une époque, il est vrai, où les feuilles inférieures cessent d'assimiler, et alors on peut les supprimer sans inconvénient ; malheureusement cette époque ne saurait être indiquée d'une manière exacte, car des expériences précises, dirigées dans ce sens, font entièrement défaut.

La suppression des feuilles, connue sous le nom d'effeuillement ou d'*épamprement*, se pratique particulièrement sur la vigne, pendant les années humides, au moment où les raisins ont atteint leur volume définitif ; les grappes ne recevant plus autant de matières élaborées mûrissent plus vite. Cette opération se fait en deux ou trois fois ; à Thomery, on ne la néglige jamais ; c'est elle qui contribue à donner au chasselas cette belle couleur fauve si estimée.

L'effeuillage est également pratiqué dans le vignoble, pour augmenter la richesse en sucre des grains de raisin et pour avancer la maturité de quelques jours. Si l'on effeuille trop tôt, il en résulte des inconvénients ; par

exemple, si les fruits sont petits et verts, on arrête leur croissance, on diminue leur richesse en sucre et l'on augmente leur acidité.

L'effeuillement doit être fait seulement huit à dix jours avant la récolte, lorsque les grains ont atteint tout leur développement.

Époque des plantations. — Les plantes perdant beaucoup d'eau par la transpiration des feuilles, on ne saurait impunément les déplanter pendant la période active de la végétation.

C'est pourquoi l'automne, l'hiver, le début du printemps, alors que les arbres sont dépouillés de leurs feuilles, sont les époques auxquelles il convient d'opérer la transplantation. La meilleure époque est l'automne, aussitôt après la chute des feuilles, à partir du mois de novembre. Au cours de l'hiver, les arbres prennent possession du sol et ils sont prêts à végéter à la première sève du printemps.

Pendant les journées douces d'hiver, lorsque le sol n'est pas gelé, on plante également avec succès.

Les plantations dites de printemps effectuées pendant les mois de février, mars et avril, sont recommandables pour les terrains argileux, froids et humides.

Cependant les Conifères et autres végétaux à feuillage persistant ont une meilleure reprise lorsqu'ils sont transplantés étant un peu en sève. Les meilleures époques pour les planter sont avril, mai et septembre.

Mouvements des feuilles. — Les mouvements des feuilles se divisent en deux catégories : *a*, les mouvements de veille et de sommeil ; *b*, les mouvements provoqués par une cause extérieure, un choc, une brûlure, etc.

Les feuilles du robinier faux acacia fournissent un exemple bien connu des premiers : pendant le jour, les folioles s'étendent horizontalement ; pendant la nuit, les folioles opposées s'appliquent l'une contre l'autre par leur face supérieure.

Dans la plante appelée gobe-mouches (*Dionœa musci-*

pula (*fig.* 176) les feuilles sont couvertes à leur face supérieure de poils plus ou moins allongés, terminés en tête; ils sécrètent un liquide visqueux. Cette sorte de glu, en adhérant aux insectes, les retient prisonniers, puis les digère, de la même manière que la pepsine sécrétée par les glandes de notre estomac digère les matières albuminoïdes.

Ces poils ou tentacules englués ne suffisent pas toujours pour capturer l'insecte : c'est alors que les feuilles

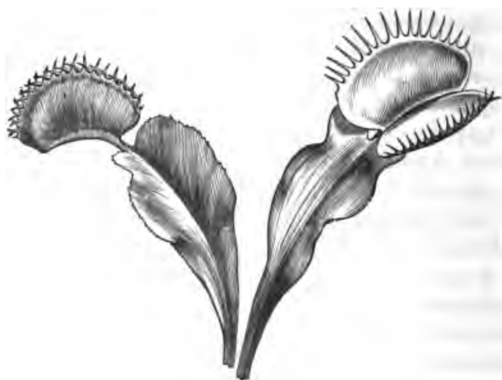


Fig. 176. — Deux feuilles de gobe-mouches.
L'une ouverte, l'autre refermée sur sa proie.

jouent le rôle de pièges perfectionnés; quand l'insecte touche les poils sensibles de la plante, les deux moitiés de la feuille se replient autour de leur nervure médiane qui joue le rôle d'une charnière et, pendant ce mouvement rapide, l'insecte est pris par les piquants que porte la feuille : lorsqu'il est digéré, les deux valves de cette dernière reprennent leur position normale en attendant une nouvelle proie.

Tous ces mouvements qui paraissent mystérieux sont dus à des causes purement mécaniques.

Nous expliquerons brièvement ce qui se passe chez la sensitive, dont les mouvements sont de connaissance

vulgaire. Chacun a pu remarquer, à la base de son pétiole principal ou rachis (*fig.* 177), un renflement long de 0m,005 à 0m,006 et d'une épaisseur de 0m,002 à 0m,003

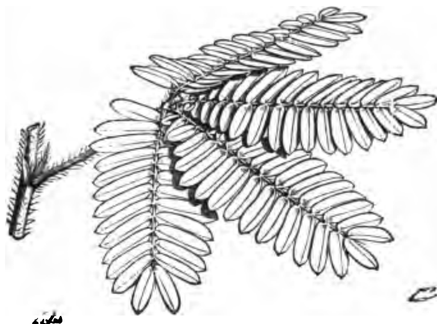


Fig. 177. — Feuille de sensitive (*Mimosa pudica*), dans sa position naturelle.

environ. Il est constitué par un faisceau libéro-ligneux central, entouré d'un tissu entièrement parenchymateux, dont les cellules arrondies laissent entre elles des méats intercellulaires très grands et remplis d'air au voisinage du faisceau, plus petits et remplis d'eau dans la couche extérieure ; l'épiderme n'a que peu d'épaisseur. Touche-t-on le renflement dont nous venons de parler, le pétiole principal s'abaisse et les folioles viennent graduellement s'appliquer l'une contre l'autre par leur face supérieure (*fig.* 178).



Fig. 178. — Feuille de sensitive, après une excitation.

Le renflement moteur devient flasque lorsqu'il est abaissé ; en se redressant, il reprend sa turgescence ; ses

deux moitiés n'interviennent pas également dans le mécanisme du mouvement : ainsi, en supprimant sa moitié supérieure, la feuille peut encore se mouvoir, mais elle perd de sa sensibilité; lorsqu'on coupe au contraire sa moitié inférieure, le pétiole se renverse pour ne plus se relever. Quand on excite la plante, les cellules de la moitié inférieure du renflement abandonnent une partie de leur eau, qui passe dans les méats environnants, puis dans ceux de la partie supérieure et dans les vaisseaux du faisceau libéro-ligneux : peu à peu la zone inférieure redevient turgescente et la feuille inclinée se redresse progressivement. Ce qui prouve bien qu'il y a déplacement du liquide contenu dans le renflement moteur, lorsque la feuille s'abaisse, c'est la diminution de volume de la moitié inférieure, correspondant à une augmentation de celui de la moitié supérieure ; en même temps le tissu de cette dernière prend une couleur plus foncée; or ce fait s'observe dans une plante verte, seulement lorsque de l'air se trouve remplacé par de l'eau.

Valeur économique des feuilles. — Les feuilles, qui absorbent dans l'atmosphère une quantité notable d'éléments nutritifs, rendent parfois au sol plus qu'elles ne lui ont emprunté, de sorte que ce dernier va toujours en s'enrichissant; on s'explique alors cette prodigieuse fécondité des terres défrichées couvertes antérieurement de prairies ou d'anciennes forêts.

Si l'on excepte les fleurs, les feuilles sont dans la plantes les organes les plus riches en matières nutritives : aussi les cultivateurs obéissent-ils à une sage inspiration, lorsqu'en manipulant les herbes des prairies, et surtout celles des prairies artificielles, trèfle et luzerne, ils s'efforcent de prévenir la chute des feuilles sèches par un fanage modéré ; la valeur alimentaire de ces dernières varie considérablement aux différentes époques de leur existence : maxima, pendant la durée de leur accroissement, elle diminue ensuite progressivement jusqu'au moment où elles tombent. Durant cette

période d'épuisement, les matières albuminoïdes, l'amidon, le phosphate de chaux émigrent dans les fleurs et surtout dans les fruits, c'est pourquoi *la récolte des fourrages doit toujours précéder la maturation des graines*; les lapins mangent volontiers les jeunes feuilles de robinier, ils les refusent absolument après la floraison.

Les feuilles de mûrier, qui servent à la nourriture des vers à soie, renferment, quand elles sont desséchées, jusqu'à 17 p. 100 de matières azotées, tandis que le foin des prairies naturelles n'en contient en moyenne que 8,5 p. 100 et celui de luzerne 14,4 p. 100. Les feuilles vertes des autres arbres de nos climats en renferment 4 à 7 p. 100, celles des betteraves, seulement 2 p. 100. Dans beaucoup d'endroits, on coupe, à la fin de septembre, les jeunes rameaux de peuplier, d'orme, de charme, de frêne, on les lie en bottillons après que les feuilles sont desséchées, et l'on obtient ainsi, pour servir à la nourriture des moutons, pendant l'hiver, un fourrage désigné sous le nom de *feuillard*. Les fromages bien connus du Mont-d'Or sont fabriqués avec le lait de chèvres nourries de feuilles de vigne qu'on laisse fermenter dans de vieux tonneaux, après les y avoir entassées et pressées suffisamment.

Arrosages. — Nous savons que les plantes ne peuvent s'accroître si leurs cellules ne sont pas turgescentes; on conçoit alors toute l'importance des irrigations, des arrosages, dans tous les sols un peu secs et couverts d'une puissante végétation.

Les arrosages multiples sont particulièrement favorables au développement des légumes herbacés, choux, salades, épinards, etc., qu'ils rendent plus tendres et plus succulents. Une trop grande humidité est au contraire préjudiciable aux plantes cultivées pour leurs fruits, lesquelles tendent à ne produire que des feuilles.

La température de l'eau, le moment de la journée où il faut l'employer ont trop d'importance pour que nous ne nous arrêtions pas un instant à ce sujet.

Influence de la température sur la valeur des eaux

d'arrosage. — L'eau froide, en diminuant la température des racines, amoindrit leur faculté d'absorption, et la tige, transpirant plus qu'elle ne reçoit, souffre nécessairement; que la tige soit plus froide que les racines, l'inconvénient n'est plus le même, puisque l'eau partant de ces dernières rétablit bien vite l'équilibre de température entre les deux parties de l'axe : les prés fameux des environs de Milan connus sous le nom de *marcites*, doivent leur valeur à la température élevée des eaux qui servent à l'irrigation et prolongent la durée de la végétation.

Nous ne condamnons pas les eaux froides d'une manière absolue; ce serait au contraire une faute de ne pas les utiliser; seulement, avant d'être employées, il est bon de les forcer à se déverser dans un bassin où elles puissent s'échauffer au contact de l'air.

Moments propices à la pratique des arrosages. — Il est reconnu que les meilleurs arrosages sont ceux qu'on pratique à partir du moment où la température va décroissant, c'est-à-dire depuis trois heures du soir environ. La tige se refroidit à peu près aussi vite que l'air environnant (1), tandis que la racine échauffée par la chaleur du jour et recouverte de terre rayonne difficilement; l'eau d'arrosage, généralement plus froide qu'elle, tend à la ramener à une température voisine de celle de la tige; la plante tout entière va se refroidissant, les gaz qu'elle contient se contractent, et le vide intérieur favorise l'introduction de l'eau. Pendant toute la nuit, la plante conserve sa turgescence, en même temps qu'une faible quantité d'eau est enlevée par l'évaporation à la surface du sol et des feuilles.

Pendant la journée, lorsque le soleil est ardent, les arrosages sont préjudiciables, car ils refroidissent la racine et diminuent sa faculté d'absorption; d'un autre

(1) Ce que nous disons là ne s'applique nullement aux plantes dont les tiges acquièrent de grandes dimensions ; chez ces dernières la température ambiante se propage toujours avec plus ou moins de difficulté.

côté, la tige s'échauffant, les gaz intérieurs se dilatent, ce qui contribue encore à réduire la quantité d'eau absorbée.

L'eau projetée sur les jeunes plants, les romaines, les melons, etc., échauffés par le soleil, se dépose parfois en gouttelettes qui jouent le rôle de lentilles et brûlent le tissu qu'elles recouvrent, ce que les maraîchers expriment en disant que ces arrosages intempestifs font *moucheter* les légumes.

Bassinages. — Au milieu du jour, on fait parfois tomber l'eau en pluie fine sur les feuilles des plantes. Cette opération, connue sous le nom de *bassinage*, s'effectue surtout dans les serres. On enlève ainsi les poussières qui, souvent en trop grande abondance, retardent les échanges gazeux qui s'effectuent entre l'atmosphère et les tissus de la feuille; enfin, cette eau ainsi déversée accélère l'absorption des racines en refroidissant la tige et par conséquent les gaz qu'elle renferme.

Les arboriculteurs bassinent les poires et les pommes qui sont sur le point de mûrir, afin qu'elles prennent une coloration plus vive.

C'est par des bassinages répétés qu'on entretient dans les serres chaudes ce degré d'humidité sans lequel certaines plantes exotiques ne pourraient y vivre.

Distinction des Graminées fourragères.

1 Base du limbe garnie de dents semi-lunaires qui embrassent la tige. Presque toutes ont les feuilles roulées dans le jeune âge.. 2
Base du limbe dépourvue de dents........................... 7
2 Gaines fermées.. 3
Gaines fendues.. 4
3 Feuilles plissées. *Lolium perenne* (ivraie vivace, ray-grass).
Feuilles roulées. *Lolium italicum* (ivraie d'Italie).
4 Gaines velues.. 5
Gaines glabres ou pourvues seulement de quelques cils... 6
5 *Hordeum secalinum* (orge faux seigle, orge des prés), H. *murinum* (orge queue de souris); *Festuca aspera* (fétuque sauvage).

6 *Triticum repens*, T. *caninum* (froment sauvage) ; *Elymus arenarius* (élyme des sables) ; *Festuca gigantea* (fétuque élancée), F. *arundinacea* (fétuque roseau), F. *pratensis* (fétuque des prés).

7 Couronne de longs cils à la place de la ligule.............. 8

Ligule membraneuse courte ou longue....... 9

8 *Phragmites communis* (roseau commun) ; *Molinia cærulea* (molinie bleue) ; *Triodia decumbens ; Andropogon ischæmum* (barbon pied de poule) ; *Cynodon Dactylon* (chiendent commun).

9 Gaine fermée jusque près de la base du limbe............ 10

Gaine fendue.. 14

10 Ligule courte terminée à l'opposé du limbe par une aigrette membraneuse. — *Melica uniflora* (mélique uniflore).

Ligule sans cette aigrette................................ 11

11 Feuilles roulées ; tiges cylindriques......................... 12

Feuilles plisées ; tiges plus ou moins comprimées.......... 13

12 Bords des feuilles rudes de bas en haut :

Briza media (brize intermédiaire).

Bords lisses ou rudes de haut en bas :

Melica nutans (mélique penchée), M. *ciliata* (mélique ciliée) ; *Festuca inermis ; Lolium italicum* (ivraie d'Italie).

13 Longueur de la ligule égalant ou dépassant la moitié de la largeur de la feuille :

Glyceria spectabilis, G. *fluitans* (glycérie flottante), G. *aquatica* (glycérie aquatique) ; *Dactylis glomerata* (dactyle aggloméré)

Ligule très courte ne formant le plus souvent qu'un rebord jaune verdâtre :

Festuca erecta (fétuque dressée) ; *Sesleria cærulea* (seslerie bleuâtre) ; *Avenastrum pubescens ; Lolium perenne* (ivraie vivace .

14 Feuilles plissées... 15

Feuilles roulées... 18

15 Feuilles très étroites.................... 16

Feuilles planes ou un peu creuses........................ 17

16 Ligule ne formant qu'un rebord court recouvert par la base de la feuille opprimée :

Poa pratensis (paturin des prés), P. *compressa* (paturin comprimé) ; *Cynosurus cristatus* (cynosure à crêtes).

Ligule courte arrondie, formant de chaque côté une petite oreillette arrondie : *Festuca*.

Ligule longue, tubuleuse, brusquement terminée :

Aira flexuosa (canche flexueuse) ; *Nardus stricta* (nard roide).

Ligule aiguë terminée par une ou deux longues pointes ou par deux ou plusieurs dents triangulaires :

Avenastrum pratense (avoine des prés); *Aira cæspitosa*; *Corynephorus canescens* (corynéphore blanchâtre); *Agrostis canina* (agrostide des chiens); *Aira uliginosa*; *Glyceria distans* (glycérie écartée), G. *maritima* (glycérie maritime).

17 *Cynosurus cristatus* (cynosure à crêtes); *Poa compressa* (paturin comprimé), P. *pratensis* (paturin des prés), P. *trivialis* (paturin commun), P. *nemoralis* (paturin des bois), P. *serotina*; *Kœleria cristata* (kœlérie à crêtes).

18 Gaines fortement velues :

Holcus lanatus (houlque laineuse), H. *mollis* (houlque molle); *Anthoxanthum odoratum* (flouve odorante); *Brachypodium pinnatum* (brachyopode corniculé), B. *sylvaticum* (brachyopode des forêts).

Gaines glabres ou garnies de quelques poils............. 19

19 Ligule au moins moitié moins large que longue :

Avenastrum elatius; *Alopecurus geniculatus* (vulpin genouillé), A. *fulvus*; *Phleum pratense* (phléole des prés); *Baldingera arundinacea* (Baldingère bigarré); *Calamagrostis*; *Milium effusum* (millet étalé); *Agrostis alba* (agrostide blanche)

Ligule très courte réduite à un rebord brunâtre :

Agrostis vulgaris (agrostide vulgaire); *Alopecurus pratensis* (vulpin des prés), A. *arundinaceus* (vulpin bigarré).

Distinction des plantes ligneuses, d'après M. G. Bonnier.

- Feuilles composées de folioles distinctes........................ Tableau I.
- Feuilles non composées.
  - Opposées ou verticillées........................ Tableau II.
  - Alternes.
    - Branches épineuses.................. Tableau III.
    - Branches non épineuses.
      - Feuilles épaisses et persistantes............ Tableau IV.
      - Feuilles minces et caduques.............. Tableau V.

TABLEAU I

Plantes ligneuses à feuilles composées.

- Feuilles opposées.
  - Tige grimpante................................ *Clématite.*
  - Tige non grimpante.
    - Folioles en éventail, bourgeons visqueux.......................... *Marronnier d'Inde.*
    - Folioles en deux rangées parallèles.
      - Bourgeons ayant deux ou quatre écailles. Noirs. Branches contenant peu de moelle........ *Frêne.*
      - Bourgeons à plus de quatre écailles, verts. Branches contenant beaucoup de moelle.. *Sureau.*
- Feuilles alternes.
  - Tige portant des épines.
    - Épines par deux à la base des feuilles. *Robinier.*
    - Épines isolées.
      - Nervures des feuilles épineuses............ *Églantine.*
      - Nervures des feuilles sans épines......... *Ronce.*
  - Tige dépourvue d'épines.
    - Folioles dentées.
      - Bourgeons glabres et visqueux................ *Sorbier domestique.*
      - Bourgeons velus, non visqueux............ *Sorbier des Oiseleurs.*
    - Folioles non dentées.
      - Feuilles à trois folioles. *Cytise faux-ébénier.*
      - Feuilles à plus de trois folioles.............. *Baguenaudier.*

TABLEAU II

Plantes ligneuses à feuilles simples et opposées.

- Feuilles coriaces persistantes.
  - Étroites, piquantes, arbuste résineux............... *Genévrier.*
  - Non piquantes, arbuste non résineux.......
    - Ovales, glabres........... *Buis.*
    - Etroites, velues........... *Bruyères.*
- Tige grimpante, s'enroulant.................................. *Chèvrefeuille grimpant.*
- Plante épineuse à gros bourgeons .... *Nerprun.*
- Plante ni grimpante ni épineuse.
  - Bourgeons velus, feuilles vertes en dessus, blanches en dessous, écorce lisse.................................. *Chèvrefeuille. des buissons.*
  - Bourgeons glabres.
    - Bourgeons sans écailles............................ *Viorne.*
    - Bourgeons écailleux.
      - Une écaille, feuilles à trois ou cinq lobes...... *Viorne obier.*
      - Plusieurs écailles.
        - Nervures secondaires arquées et se joignant au sommet............ *Cornouiller.*
        - Nervures secondaires non arquées.
          - D'un vert mat, bourgeons globuleux... *Fusain.*
          - Bourgeons aigus. Feuilles :
            - En cœur. *Lilas.*
            - Non en cœur.. *Troène.*

TABLEAU III

Plantes ligneuses à feuilles simples, alternes, à branches épineuses.

- Rameaux et feuilles transformés en épines vertes, persistantes.... *Ajonc.*
- Feuilles transformées en épines, à l'aisselle de celles-ci naissent des branches feuillées, écorce jaune en dedans.................... *Épine-vinette.*
- Rameaux transformés en épines, feuilles non épineuses.
  - Bourgeons appliqués contre les rameaux, feuilles glabres, mais poilues dans le premier âge....... *Pommier sauvage.*
  - Bourgeons étalés.
    - Rameaux peu épineux, feuilles peu dentées, cotonneuses en dessous.... *Néflier d'Allemagne.*
    - Rameaux lisses.
      - Bourgeons aigus, feuilles glabres, poilues dans le premier âge............ *Poirier sauvage.*
      - Bourgeons arrondis.
        - Feuilles profondément divisées. *Aubépine.*
        - Feuilles entières. *Prunellier.*

TABLEAU IV

Plantes ligneuses à feuilles persistantes, simples et non opposées.

- Feuilles larges et aplaties.
  - Arbuste grimpant, feuilles lobées................ *Lierre.*
  - Plantes non grimpantes.
    - Feuilles épineuses.
      - Soudées à un rameau et formant une lame à une seule épine...... *Petit Houx.*
      - Grandes et gondolées, plusieurs épines..... *Houx.*
    - Feuilles sans épines............... *Laurier commun.*
- Feuilles étroites, allongées et isolées.
  - Aplaties et pointues, rameaux non verticillés...... *If.*
  - Peu aplaties, rameaux verticillés.
    - Feuilles portant deux raies blanches en dessous...................... *Sapin pectiné.*
    - Feuilles quadrangulaires........... *Épicéa.*
- Feuilles étroites et réunies en faisceaux.
  - Faisceau formé d'un grand nombre de feuilles.... *Cèdre.*
  - Faisceau formé de deux ou de cinq feuilles.
    - Réunies par cinq..................... *Pin Weymouth.*
    - Réunies par deux.
      - Feuilles de cinq à six centimètres.................. *Pin sylvestre.*
      - Feuilles de dix à vingt-cinq centimètres.
        - Écorce à lames argentées et à écailles rouges..... *Pin laricio.*
        - Écorce à lames violettes et à écailles brun rouge...... *Pin maritime.*

TABLEAU V

Plantes ligneuses non épineuses à feuilles simples, alternes et caduques.

- Bourgeons à trois écailles au plus.
  - Bourgeons sans écailles. Feuilles plus brillantes dessous que dessus .... *Bourdaine.*
  - 1 écaille au bourgeon. Feuilles pointues .... *Saules.*
  - Bourgeons à deux ou trois écailles.
    - Feuilles sans pointes. Bourgeons de côté et comme pédonculés .... *Aune.*
    - Feuilles ayant une pointe au sommet ou divisées en lobes pointus ....
      - Feuilles en cœur .... *Tilleul.*
      - Feuilles ovales, allongées, pointues, à dents courbées ..... *Châtaignier.*
      - Feuilles lobées, nervures en éventail .... *Platanes.*
- Bourgeons à plus de trois écailles.
  - Bourgeons et feuilles sur deux lignes opposées, sur des rameaux situés de côté ....
    - Feuilles non dentées, écorce lisse et grise, bourgeons aigus .... *Hêtre.*
    - Feuilles dentées.
      - Bourgeons globuleux. Pétiole velu. Feuilles peu allongées .... *Noisetier.*
      - Bourgeons aigus.
        - Jeunes pousses grêles, retombantes, feuilles larges à la base .... *Bouleau.*
        - Jeunes pousses non retombantes ....
          - Nervures des feuilles fourchues... *Orme.*
          - Nervures simples, feuilles lisses.. *Charme.*
  - Feuilles placées autour des branches, même sur les rameaux de côté. De même pour les bourgeons..........
    - Feuilles irrégulièrement lobées, bourgeons rassemblés au sommet des rameaux..... *Chêne.*
    - Pétiole aplati à la base et en sens inverse au sommet. Première écaille du bourgeon enveloppant les autres...............
      - Feuilles finement dentées, toujours glabres, écorce crevassée en long.......
        - Branches étalées. *Peuplier noir.*
        - Branches contre le tronc...... *Peuplier pyramidal.*
      - Feuilles irrégulièrement divisées, velues au premier âge. Écorce lisse sauf quand l'arbre est très vieux.....
        - Feuilles âgées glabres, bourgeons visqueux.......... *Tremble.*
        - Feuilles velues en dessous, bourgeons non visqueux.. *Peuplier blanc.*
    - Arbres n'ayant pas ces caractères.
      - Écailles des bourgeons vertes et bordées de brun....................
        - Feuilles dentées.... *Alisier blanc.*
        - Feuilles lobées...... *Alisier des bois.*
      - Bourgeons à écailles brunes.
        - Écorce lisse et luisante.
          - Rameaux dressés, bourgeons aigus.................. *Merisier.*
          - Rameaux pendants, bourgeons obtus.................. *Cerisier cultivé.*
        - Écorce peu ou pas luisante.
          - Bourgeons allongés appliqués sur le rameau............ *Cerisier à grappes.*
          - Bourgeons courts non appliqués.................... *Prunier.*

CHAPITRE VI

FLEUR

Nous avons déjà eu l'occasion d'indiquer divers modes de multiplication des végétaux : multiplication par greffes, boutures, marcottes, tubercules, bulbes et bulbilles. Il s'agit là de *multiplication asexuée*. L'homme oblige ainsi par des moyens artificiels une partie de la plante à se développer beaucoup et à prendre la même extension que l'individu d'où il l'a tirée. Il ne s'est pas formé un nouvel être, mais c'est une partie de l'ancien qui s'est accrue isolément. Il n'est pas étonnant que les propriétés et jusqu'aux plus petites particularités de la plante origine soient conservées intégralement. L'homme peut ainsi, en quelque sorte, imposer sa volonté aux plantes et les forcer à conserver les particularités qui lui sont utiles ou agréables. Dans la nature, les plantes (il s'agit, bien entendu, uniquement des Phanérogames dont nous nous occupons exclusivement) se multiplient presque toujours par *reproduction sexuée*, à l'aide de graines. Celles-ci ne naissent pas directement sur la tige ou sur les rameaux; elles sont la fin d'un long travail organique du végétal : les feuilles se modifient d'abord d'une manière spéciale pour constituer une *fleur*, et dans cette fleur certaines parties se différencient en éléments sexuels. De l'union de l'élément mâle et femelle résulte un *œuf* qui évolue en *embryon*. Ce dernier, s'adjoignant quelques parties accessoires, constitue la *graine* qui s'abrite dans une dépendance de la fleur se développant en *fruit*. Nous allons étudier successivement ces différentes parties : fleur, fruit, graine

Définition de la fleur. — *Ses diverses parties.* — Les fleurs sont des organes formés de feuilles modifiées, disposées ordinairement en quatre verticilles tellement rapprochés, qu'ils paraissent emboîtés les uns dans les autres.

Ces verticilles sont, à partir de l'extérieur : 1° le *calice*, composé de pièces appelées *sépales* (*fig.* 179 et 182) : 2° la *corolle*, composée de *pétales* (*fig.* 180) ; 3° l'*androcée*,



Fig. 179. — Bouton de la fleur du coquelicot (*Papaver rhœas*).

ss, sépales du calice.



Fig. 180. — Fleur épanouie du coquelicot (*Papaver rhœas*).

c, *c*, pétales de la corolle ; *e*, étamines ; *p*, pistil.

formé d'*étamines* ; 4° le *gynécée* ou *pistil*, composé d'un ou de plusieurs *carpelles*.

Le calice et la corolle, dont l'ensemble a reçu le nom de *périanthe*, sont des enveloppes protectrices ; leur importance est donc secondaire ; il n'en est pas de même de l'androcée et du gynécée qui sont les organes sexuels ; les étamines représentent les organes mâles, et les carpelles, les organes femelles.

On donne le nom de *pédoncule* au support de la fleur ; l'extrémité élargie où s'attachent les verticilles, a reçu le nom de *réceptacle*, ou encore celui de *torus* ou *thalamus* (en latin signifie *lit nuptial*). Quand le pédoncule fait défaut, la fleur est dite *sessile*.

Souvent les fleurs ne possèdent pas les quatre verti-

cilles dont nous avons parlé. On les appelle *fleurs incomplètes*. Le périanthe n'a souvent qu'un seul verticille. Bien qu'il soit parfois coloré, on admet que c'est un calice et les plantes correspondantes, qui forment un grand groupe botanique, ont reçu le nom d'*apétales* (ex. : le sarrasin). La fleur peut n'avoir ni calice ni corolle. Elle est alors souvent protégée par des feuilles modifiées connues sous le nom de *bractées* (carex) ; quelquefois ce sont des poils qui l'enveloppent et correspondent au périanthe (saule). D'autres fois, enfin, les organes sexués sont complètement nus. C'est cette particularité qui caractérise le grand groupe botanique des *Gymnospermes* (pins, sapins, etc.), qui s'oppose au reste des Phanérogames à éléments sexuels protégés, réunies sous le nom d'*Angiospermes*.

Les fleurs chez lesquelles on observe à la fois des étamines et des carpelles sont appelées *hermaphrodites*; quand elles ne renferment que des étamines sans carpelles ou réciproquement, on les dit *unisexuées*.

Quelques fleurs ne possèdent ni étamines ni carpelles, on les appelle fleurs neutres ou *fleurs stériles*, ex. : les fleurs extérieures du bleuet (*Centaurea Cyanus*), et de beaucoup d'autres Composées.

Les plantes qui réunissent sur un même pied des fleurs unisexuées mâles et femelles sont dites *monoïques*; ex. : le noyer (*Juglans*), le noisetier (*Corylus*), le mûrier (*Morus*), le pin (*Pinus*), le bouleau (*Betula*), les courges (*Cucurbita*), les melons (*Cucumis melo*), le maïs (*Zea*), etc.

Dans les plantes appelées *dioïques* on trouve sur un même individu soit des fleurs mâles, soit des fleurs femelles, à l'exclusion de toute autre, ex. : le chanvre (*Cannabis*), le houblon (*Humulus*), la mercuriale (*Mercurialis*).

On nomme plantes *polygames* celles qui portent sur un même pied des fleurs mâles, des fleurs femelles et des fleurs hermaphrodites; ex. : la pariétaire (*Parietaria*), les érables (*Acer*).

Le plus souvent les pièces d'un même verticille sont disposées régulièrement en cercle sur le réceptacle. La fleur est alors dite *régulière* ou *actinomorphe*. C'est le cas du bouton d'or, du tabac (*fig.* 214), du pommier, etc. D'autres fois les éléments floraux se correspondent deux à deux de part et d'autre d'un même plan de symétrie qui partage la fleur en deux parties. La fleur est dite *irrégulière* ou *zygomorphe* [haricot, gesse (*fig.* 220), aconit (*fig.* 210)].

Bractées. — Les bractées sont des feuilles situées dans le voisinage des fleurs, et qui ont subi des changements de forme, de consistance et de couleur. La feuille qui accompagne la fleur du tilleul (*fig.* 183) en est un exemple remarquable.

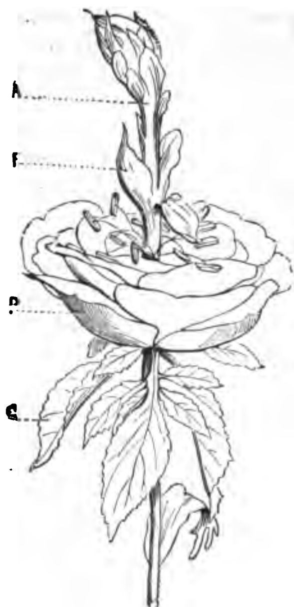


Fig. 181. — Rose prolifère (*).

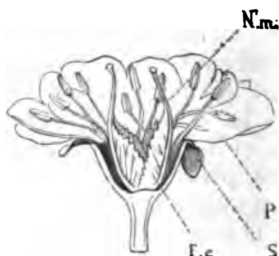


Fig. 182. — Fleur double du merisier (**).

(*) C, calice transformé en feuilles; P, pétales multipliés aux dépens des étamines; A, axe prolongé portant une fleur imparfaite; F, lames colorées représentant des carpelles avortés.

(**) S, sépales; P, pétale; F.*c*, feuille carpellaire; en N.*m*, sa nervure médiane ou style.

Dans les Composées et la plupart des Ombellifères,

les bractées sont disposées circulairement autour des fleurs et constituent ce qu'on appelle un *involucre*

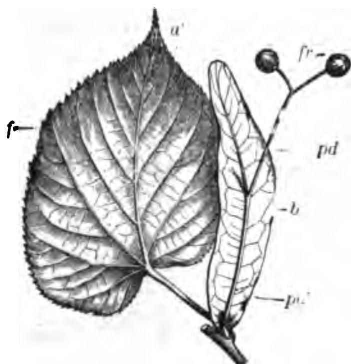


Fig. 183.

b, bractée du tilleul, accompagnant le pédoncule *pd*, *pd'*, des deux fruits *fr* ; *f*, feuille normale.



Fig. 184. — Fleur composée de l'*Helminthia echioïdes*, pourvue d'un involucre formé par une rangée externe, *i*, de bractées.

(*fig.* 184) ou une *collerette*. Elles forment dans les mauves (*Malva*), l'hellébore d'hiver (*Helleborus hyemalis*), l'œillet (*Dianthus*), le fraisier (*Fragaria*), etc., comme un second calice situé au-dessous du calice normal, et auquel on donne le nom de *calicule* (*fig.* 187).

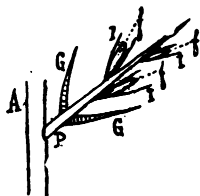


Fig. 185. — Schéma d'un épillet à trois fleurs.

Les feuilles comestibles de l'artichaut (*Cynara*) sont des bractées. La cupule qui accompagne les fruits du Chêne (*Quercus*) (*fig.* 188) et du noisetier (*Corylus*) est une production directe du pédicelle qui se renfle, puis s'étale autour de la fleur en se couvrant d'émergences qui ont fait croire à une soudure de bractées ; la cupule épineuse du châtaignier (*Castanea*) diffère des précédentes en ce qu'elle renferme plusieurs fleurs.

Les fleurs des Graminées présentent des bractées spéciales qui sont d'une grande importance pour la détermination des espèces de cette famille qui renferme les



Fig. 187. — Fleur de *Dianthus barbatus* pourvue d'un calicule composé de six bractées.

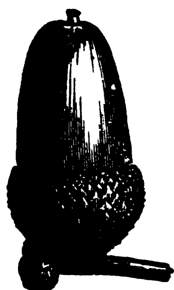


Fig. 188. — Gland du *Quercus robur* entouré à sa base d'une cupule *cp*.

céréales si utiles à l'homme. Aussi nous les décrirons en détail.

Dans les Graminées, les fleurs sont groupées en petits épis qu'on nomme *épillets* (*fig*. 185). Les épillets se groupent à leur tour en épis ou en grappes plus ou moins rameuses. Sur un rameau A se trouve attaché le pédoncule de l'épillet P qui porte à sa base deux bractées. Ces bractées GG s'appellent les *glumes*; elles n'ont pas de fleur à leur aisselle. Au-dessus, insérées sur l'axe de l'épillet, se trouvent d'autres bractées, I, d'une forme différente; chacune d'elles présente à son aisselle une fleur *f* : c'est la *glumelle in-*



Fig. 186. — Épi du ray-grass (*Lolium perenne*). *g*, *g*, *g*, glumes.

férieure. Enfin l'axe même de la fleur supporte une autre bractée, la *glumelle supérieure*, qui avec la glumelle inférieure entoure la fleur. A l'intérieur de cette enveloppe florale il y en a souvent une seconde formée d'écailles *g'* (*fig.* 189) qui sont les *glumellules*.

Inflorescence. — On appelle *inflorescence* la manière dont les fleurs sont disposées sur le corps de la plante.

Dans certaines plantes, comme le mouron (*fig.* 128),

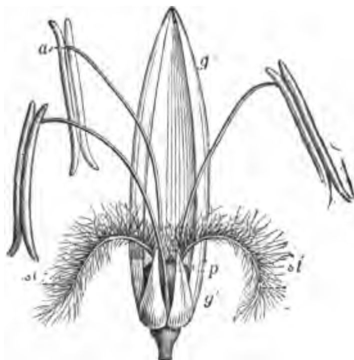


Fig. 189. — Fleur du ray-grass (*Lolium perenne*).

g, foliole de la glumelle : *g'*, paléole de la glumellule ; *p*, pistil avec ses deux stigmates plumeux, *st*, *st* ; *a*, point d'attache d'une anthère.

la violette, les fleurs, séparées les unes des autres par des feuilles normales, sont dites *solitaires*. Dans d'autres, au contraire, elles sont réunies en groupes, séparées ou non par des bractées ; on donne aussi à cet ensemble le nom d'*inflorescence*.

Dans un groupe de fleurs, il y a lieu de distinguer un *axe primaire*, pédoncule commun, d'où naissent tous les autres ; on le désigne aussi quelquefois sous le nom de *rachis* ; ses divisions portent les noms d'*axes secondaires*, *tertiaires*, etc., d'après leur situation par rapport à l'axe primaire. Comme les bourgeons dont elles pro-

viennent, les fleurs peuvent être *terminales* ou *axillaires*, c'est-à-dire situées à l'extrémité de la tige et des rameaux ou seulement à l'aisselle des feuilles. Quand une fleur termine un rameau, ce dernier cesse de se développer; on dit dans ce cas que l'inflorescence est *terminale* ou *définie*. L'inflorescence est *axillaire* ou *indéfinie*, lorsque la tige et les rameaux terminés par un bourgeon à bois s'allongent indéfiniment, et ne portent des fleurs qu'à l'aisselle des feuilles.

Qu'elles soient solitaires ou réunies par groupes, les fleurs peuvent appartenir à une inflorescence définie ou indéfinie.

I. Inflorescences indéfinies. — La longueur relative de l'axe primaire et de ses divisions, la nature sexuelle des fleurs groupées, ont fait distinguer plusieurs types d'inflorescences indéfinies : l'*épi*, le *chaton*, le *cône*, le *spadice*, le *capitule*, la *grappe*, le *corymbe* et l'*ombelle*.

L'*épi* est un mode d'inflorescence dans lequel l'axe primaire, plus ou moins long, porte latéralement un nombre indéterminé de fleurs sessiles, ex : le plantain (*Plantago*) (*fig.* 190), la verveine (*Verbena*).

Le *chaton* est composé de fleurs, sessiles unisexuées, mâles, disposées comme dans l'épi, et l'axe primaire est articulé de manière à pouvoir se détacher tout d'une pièce après la fécondation. Le noisetier (*Corylus*) (*fig.* 191), le noyer (*Juglans*), le saule (*Salix*), le châtaignier (*Castanea*) en fournissent des exemples.

Le *cône* ou *strobile* est l'inflorescence des arbres verts, nommés pour cette raison Conifères. Les fleurs sessiles qu'il renferme sont unisexuées, femelles, et accompagnées de larges bractées; celles-ci sont ligneuses dans le pin (*Pinus*), le sapin (*Abies*), etc., et membraneuses dans le houblon (*Humulus*).

Le *spadice*, de même que les précédentes inflorescences, ne se compose que de fleurs sessiles unisexuées. Il est caractérisé par un axe charnu qui porte à sa base des fleurs femelles et à son sommet des fleurs mâles. L'ensemble est protégé par une large bractée appelée

spathe, ex. : l'*Arum maçulatum* (*fig.* 192). Dans les Palmiers, le spadice ramifié porte le nom de *régime.*

Le *capitule* est une inflorescence dans laquelle les fleurs sessiles sont fixées au sommet d'un axe primaire, élargi de manière à former une surface plane ou plus ou moins arrondie qu'entoure un ensemble de bractées



Fig. 190. — Épi du plantain lancéolé (*Plantago lanceolata*).

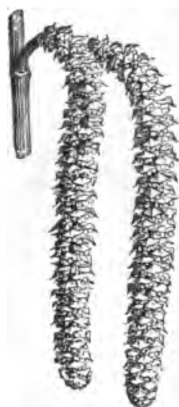


Fig. 191. — Chatons du noisetier d'Amérique (*Corylus americana*).

appelé *involucre*, ex. : le pissenlit (*Taraxacum*), le chardon (*Carduus*), le grand soleil (*Helianthus annuus*), la scabieuse (*Scabiosa*), et autres plantes de la famille des Composées et des Dipsacées.

L'inflorescence de la figue (*fig.* 193) est un capitule dont le réceptacle se creuse et rapproche ses bords, au lieu de rester sensiblement horizontal, comme cela a lieu généralement. On aperçoit aisément sur les bords de l'ouverture appelée vulgairement l'*œil* de la figue,

un certain nombre de petites écailles : ce sont les bractéoles de l'involucre. La cavité intérieure est tapissée de fleurs mâles et de fleurs femelles.

L'inflorescence du *Dorstenia* (1) (*fig*. 194) est intermé-



Fig. 192. — *Arum maculatum* montrant un spadice ; à droite, on voit l'axe charnu isolé portant les fleurs.

diaire entre les capitules normaux et la curieuse inflorescence de la figue : le réceptacle large et charnu se relève légèrement sur ses bords, et supporte des fleurs mâles et des fleurs femelles entremêlées.

(1) La racine du *Dorstenia* est un remède employé en Amérique contre la morsure des serpents.

Le réceptacle commun du capitule est souvent chargé d'écailles, de paillettes ou de soies séparant les fleurs. Ces productions de formes diverses représentent des bractées.

L'*ombelle* (*fig.* 195) est une inflorescence dans laquelle les axes secondaires partent du même point, et se terminent chacun par une fleur; ils divergent comme les rayons d'un parasol. Ici, les bractées forment, comme



Fig. 193. — Figue coupée longitudinalement pour montrer les fleurs qui en tapissent l'intérieur.



Fig. 194. — Capitule du *Dorstenia*. *pd*, pédoncule; *rc*, réceptacle.

dans le capitule, un ensemble auquel on donne le nom de *collerette* ou d'*involucre*.

La *grappe* est un mode d'inflorescence, dans lequel l'axe primaire allongé porte sur toute sa longueur un nombre variable d'axes secondaires à peu près égaux entre eux et terminés chacun par une fleur, ex. : le groseillier commun (*Ribes rubrum*) (*fig.* 196), le muguet (*Convallaria majalis*).

Le *corymbe* est formé d'un axe primaire duquel partent, à des niveaux différents, des axes secondaires qui se terminent à la même hauteur et figurent une sorte de parasol à rayons inégaux, ex. : le cerisier de Sainte-

Lucie (*Cerasus mahaleb*), le poirier (*Pirus*) (*fig.* 197).

On peut faire dériver de la grappe tous ces modes d'inflorescence : en allongeant inégalement ses axes secondaires, on obtient le corymbe; si, au contraire, les axes secondaires deviennent plus courts, on passe tout naturellement à l'épi, au chaton, au cône et au spadice; l'axe primaire étant réduit de façon que les axes secondaires partent du même point, on obtient une ombelle. Enfin, lorsque les axes de différents degrés sont raccourcis et confondus en un réceptacle commun, l'inflorescence devient un capitule.



Fig. 195. — Ombelle du cerisier à fruits acides (*Cerasus caproniana*).



Fig. 196. — Grappe du groseillier ordinaire (*Ribes rubrum*).

Jusqu'alors, nous avons supposé seulement deux degrés de ramifications; les axes secondaires peuvent se ramifier de la même façon que les axes primaires, et alors on obtient la *grappe composée*, ex. : le lilas (*Syringa vulgaris*), la vigne (*Vitis*), etc.; l'*épi composé*, formé d'épis simples ou *épillets*, ex. : le blé (*Triticum*) (*fig.* 199), l'ivraie (*Lolium*); l'*ombelle composée*, formée d'*ombellules* garnies de petits involucres ou *involucelles*,

ex. : la carotte (*Daucus*), le persil (*Petroselinum*), le fenouil (*Fœniculum*) (*fig.* 200).

Dans les inflorescences que nous venons de passer en revue, les fleurs aînées sont celles de la base et de la partie externe ; on dit que la floraison est *centripète*, c'est-à-dire qu'elle marche de la circonférence vers le centre du groupe de fleurs.

II. Inflorescences définies. — Les inflorescences définies ont reçu le nom collectif de *cymes*. En général, à la base d'une fleur portée par un axe primaire, se



Fig. 197. — Corymbe du poirier commun (*Pirus communis*).

trouvent une ou plusieurs bractées, de l'aisselle desquelles partent des axes florifères secondaires, qui se comportent comme les axes primaires ; l'inflorescence, au lieu de s'allonger, s'accroît en largeur à partir de la fleur centrale, ex. : le céraiste (*Cerastium*) (*fig.* 201), la petite centaurée (*Erythræa centaurium*).

Les cymes peuvent affecter la forme d'épis (campanule), de corymbe (sureau), d'ombelle (chélidoine), mais alors la floraison est *centrifuge*, c'est à-dire qu'elle marche du centre vers la circonférence.

Dans la *cyme scorpioïde*, les fleurs figurent une grappe qui se roule comme la queue d'un scorpion : de là vient



Fig. 198. — Grappe composée d'épis ou panicule de l'*Agrostis alba*.



Fig. 199. — Épi composé du froment cultivé (*Triticum sativum*).

son nom. L'axe primaire se termine par une fleur qui

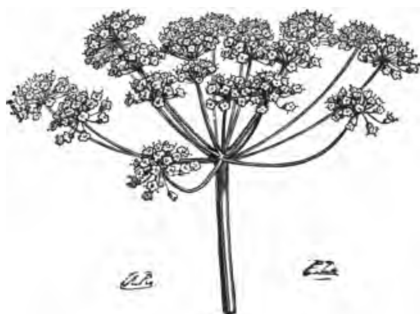


Fig. 200. — Ombelle composée du fenouil (*Fœniculum officinale*).

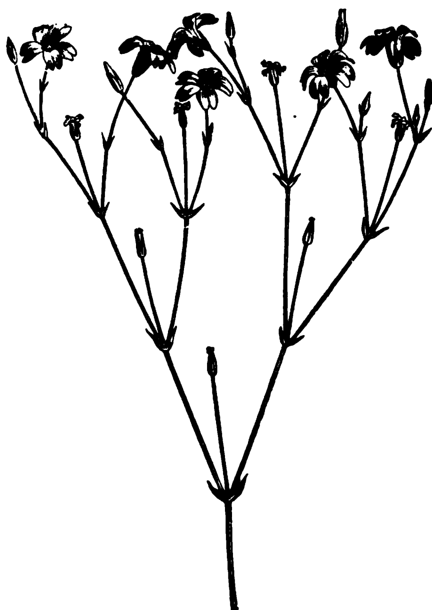


Fig. 201. — Cyme du céraiste (*Cerastium*).

porte une bractée à sa base ; à l'aisselle de cette dernière

apparaît un axe florifère secondaire qui se comporte comme celui dont il émane ; ces axes subordonnés les uns aux autres naissent toujours du même côté, et forment une ligne brisée qui se recourbe en crosse, ex. : la grande consoude (*Symphytum officinale*) (*fig.* 202).

III. Inflorescences mixtes. — Dans certaines plantes, l'inflorescence générale peut différer des inflorescences partielles, c'est-à-dire de celles qu'on observe sur les axes secondaires.

Dans les Labiées, le lamier blanc (*Lamiun album*), par



Fig. 202. — Cyme scorpioïde de la grande consoude (*Symphytum officinale*).

exemple, l'inflorescence générale est indéfinie, puisque l'axe primaire n'est pas terminé par une fleur ; les inflorescences partielles, au contraire, sont définies.

Dans le seneçon (*Senecio*), l'achillée (*Achillea*), l'inflorescence générale est un corymbe, et les inflorescences partielles, des capitules. Dans l'avoine (*Avena*), le paturin (*Poa*), l'agrostide (*Agrostis*) (*fig.* 198), le brome (*Bromus*) l'inflorescence est une grappe d'épis, qu'on appelle *panicule* (1).

(1) On peut représenter clairement les divers modes d'inflorescence à l'aide de figures schématiques, dans lesquelles les axes

Tableau des principales inflorescences.

I Inflorescences axillaires ou indéfinies à floraison centripète.	Épi simple......	Ex. : verveine, plantain.
	Épi composé....	Ex. : blé, ivraie.
	Chaton	Ex. : noisetier, noyer, saule.
	Cône............	Ex. : pin, sapin, houblon.
	Spadice.........	Ex. : gouet.
	Régime.........	Ex. : Palmiers.
	Capitule	Ex. : pissenlit, chardon, figue.
	Ombelle simple..	Ex. : cerisier.
	Ombelle composée........	Ex. : carotte, persil.
	Grappe simple..	Ex. : groseillier, muguet.
	Grappe composée.	Ex. : lilas, vigne.
	Corymbe simple.	Ex. : cerisier de Sainte-Lucie.
	Corymbe composé	Ex. : alisier des bois.
II Inflorescences terminales ou définies à floraison centrifuge.	Cyme dichotome.	Ex. : céraiste.
	Cyme scorpioïde.	Ex. : grande consoude, myosotis.
III Inflorescences mixtes.		Ex. : Labiées, seneçon, avoine.

sont représentés par de simples traits portant les numéros 1, 2,

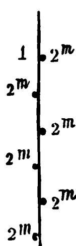


Fig. 203 (*).

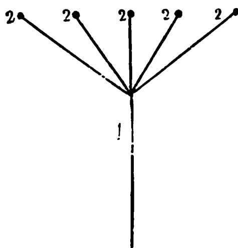


Fig. 204 (**).

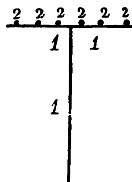


Fig. 205 (***).

(*) Fig. 203. — Figure schématique du chaton : 1, axe primaire ; 2^m, fleurs mâles sessiles fixées directement sur l'axe primaire.

(**) Fig. 204. — Figure schématique de l'ombelle simple : 1, axe primaire; 2, axes secondaires portant des fleurs.

(***) Fig. 205. — Figure schématique du capitule : 1, axe primaire; 2, axes secondaires portant des fleurs.

Floraison. — La floraison, qu'on désigne encore sous le nom d'*anthèse*, est l'époque où les plantes fleurissent. Les espèces annuelles développent nécessairement leurs fleurs pendant leur année d'existence. Les plantes bisannuelles, betteraves, carottes, oignons, fleurissent normalement pendant la deuxième année ; il faut ajouter que plusieurs d'entre elles fleurissent et fructifient comme des plantes annuelles; ce fait se produit sous l'influence de toutes les circonstances qui déterminent au début de la vie de la plante un arrêt dans la végétation (gelées printanières, durcissement du sol, etc.). Il est fort redouté des cultivateurs de betterave auxquels il cause de grands dommages. La formation des fleurs et des fruits entraîne la consommation de la plus grande partie des réserves de la racine, dont le rendement est ainsi de beaucoup diminué.

L'âge auquel les végétaux ligneux commencent à fleurir varie de l'un à l'autre : le hêtre fleurit à cinquante ans, le sapin commence à donner des fleurs entre soixante et quatre-vingts ans. Celui des jeunes pousses sur lesquelles les fleurs apparaissent exclusive-

3, etc., suivant qu'il s'agit d'axes primaires, d'axes secondaires, d'axes tertiaires, etc.

Si les fleurs de l'inflorescence sont unisexuées, on affecte les numéros des indices *m* ou *f*, lesquels indiquent que les axes portent des fleurs mâles ou des fleurs femelles.

Pour bien faire comprendre notre pensée, nous donnons des figures schématiques du chaton (*fig.* 203), de l'ombelle simple (*fig.* 204), du capitule (*fig.* 205), et de la cyme scorpioïde (*fig.* 206).

Fig. 206 (*).

(*) Fig. 206. — Figure schématique de la cyme scorpioïde : 1, axe primaire ; 2, 3, 4, axes secondaire, tertiaire et quaternaire.

ment n'est pas moins variable. Ainsi, les bourgeons florifères sont portés dans le poirier et le pommier par des rameaux âgés ordinairement de trois ans, et dans le pêcher par des rameaux d'un an.

Diverses pratiques horticoles hâtent la floraison des plantes. Toutes les causes qui affaiblissent une plante (taille greffe, transplantation) avancent l'époque de l'apparition des premiers bourgeons à fleurs, de même qu'elles contribuent à en augmenter le nombre. Bien souvent, de petits poiriers âgés d'un an lors de leur plantation, et qui ont souffert de cette opération, se couvrent de fleurs dès le printemps suivant.

Influence de la chaleur. — Une plante déterminée, la violette par exemple, plantée en pleine terre, fleurit plus tard que celle qui est conservée dans une serre chaude; elle est fleurie à Nice quand, aux environs de Paris, elle ne possède pas encore de feuilles. D'après Schübler, la floraison éprouve, suivant qu'on s'approche ou qu'on s'éloigne de l'équateur, un retard ou une avance de quatre jours pour une différence de latitude de 1 degré.

Influence de la lumière. — L'absence de lumière n'empêche pas les plantes de produire des fleurs ; celles-ci, quand elles se développent à l'obscurité, conservent leur aspect ordinaire, à l'exception toutefois du calice, dont les sépales, lorsqu'ils sont verts, blanchissent, aussi bien que les organes présentant cette couleur. Si donc on veut empêcher une plante de fleurir, il faut la placer dans un frigidarium et non à l'obscurité.

Il est à remarquer toutefois qu'il n'y a que les plantes à réserves abondantes (oignons, tulipes, safran) qui peuvent fleurir alors même qu'elles sont placées *tout entières* à l'obscurité. S'il s'agit de plantes herbacées ordinaires, elles ne fleurissent qu'autant que les parties qui assimilent (feuilles vertes) sont à la lumière.

Les fleurs de nos arbres, dont les bourgeons se sont formés avant l'hiver, durent seulement quelques jours ; il n'en est pas de même pour les plantes dont les bourgeons naissent et se développent la même année : la

floraison dure pendant toute la bonne saison, ex. : le mouron (*Anagallis*). Dans les pays chauds, beaucoup d'espèces à végétation continue produisent des fleurs sans interruption : nous citerons la vigne, par exemple, qui, jusqu'au 35e degré de latitude, porte en même temps sur une même grappe des fleurs, des fruits verts et des fruits mûrs; c'est précisément cette circonstance qui en rend la culture impossible au point de vue économique.

Nous possédons sous notre climat des plantes qui fleurissent plusieurs fois dans l'année, ex. : le mouron des oiseaux.

Les horticulteurs sont parvenus, en profitant des modifications apportées par la culture, à changer les habitudes de certaines plantes; aujourd'hui, la plupart de nos rosiers fleurissent deux fois pendant une même période végétative; on leur donne, à cause de cette particularité, le nom de *plantes remontantes*.

Épanouissement. — Les fleurs, emprisonnées d'abord dans des boutons, finissent par s'ouvrir, et laissent voir au dehors les organes qui les composent : on donne à ce phénomène le nom d'*épanouissement*. Il bien rare que les fleurs, une fois épanouies, se ferment pour toujours; en général, elles s'entr'ouvrent et se referment chaque jour à des moments déterminés. Ces mouvements sont provoqués par les variations de température et d'éclairement. On peut les produire à volonté sur la tulipe et le safran. Ce dernier est particulièrement sensible aux variations de température, puisqu'il suffit souvent d'une élévation ou d'un abaissement d'un demi-degré pour le faire s'épanouir ou se fermer. Linné donne le nom d'*horloge de Flore* à une liste de plantes qu'il a groupées d'après l'heure à laquelle leurs fleurs s'épanouissent sous le climat d'Upsal (Suède) (1). L'horloge du savant suédois, aussi bien que son calendrier, ne

(1) Son calendrier de Flore se compose également d'une liste de plantes dressée au même endroit, laquelle indique l'époque de l'année où s'ouvrent les premières fleurs de ces plantes.

peuvent convenir à tous les points du globe ; ils retardent dans les contrées au sud d'Upsal, et ils avancent sur les points qui sont à une latitude plus élevée.

On appelle *fleurs météoriques* celles dont l'épanouissement est influencé par l'état du ciel ; telles sont les fleurs de la chicorée et de la pâquerette qui se ferment à l'approche de la pluie.

Représentation d'une fleur. — Il importe souvent de représenter rapidement sur un dessin simple le nombre et la disposition relative des divers éléments floraux. On fait pour cela un *diagramme*. Un diagramme (*fig.* 207) est la projection sur un plan perpendiculaire à l'axe de la fleur des diverses parties de la fleur qu'on représente d'une manière plus ou moins conventionnelle. Cette figure schématique permet d'embrasser d'un seul coup d'œil le nombre des pièces de chaque verticille et leur position relative.

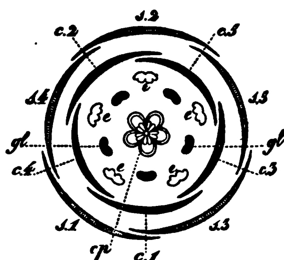


Fig. 207. — Diagramme de la fleur du *Sedum rubens*.

s.1, s.2, s.3, s.4, s.5, sépales ; c.1, c.2, c.3, c.4, c.5, pétales ; *e*, *e*, *e*, *e*, *e*, étamines ; *gl*, *gl*, disques produisant du nectar ; *cp*, gynécée ou pistil.

Il est important de noter que dans la plupart des Dicotylédones le nombre des pièces de chaque verticille floral est ordinairement cinq ou un multiple de cinq; dans les Monocotylédones, ce nombre est généralement trois, six ou neuf, etc.

Presque toujours, les pièces de chaque verticille se correspondent de deux en deux, ou, ce qui est la même chose, les pièces de l'un alternent avec celles du verticille suivant : ainsi, les sépales alternent avec les pétales, ceux-ci avec les étamines, et les étamines avec les carpelles.

On peut ajouter au diagramme une coupe verticale (*fig.* 208). Lorsqu'un plan vertical peut diviser la fleur en deux moitiés semblables, il suffit de représenter une seule coupe effectuée suivant ce plan de symétrie ; il faudrait figurer les deux moitiés si elles différaient l'une de l'autre.

Enfin on peut résumer en une formule la composition

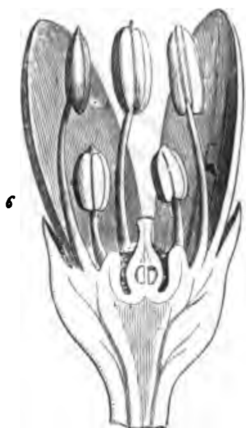


Fig. 208. — Coupe verticale d'une fleur du *Balsamodendron Myrrha* (arbre produisant la myrrhe).



Fig. 209. — Fleur du tabac (*Nicotiana Tabacum*).

s, calice gamosépale ; *c*, tube de la corolle ; *c'*, gorge ; *c''*, limbe.

d'une fleur en indiquant le nombre de pièces de chaque verticille et mettant entre parenthèses les verticilles pour lesquels il y a soudure des éléments. La fleur de *Sedum rubens*, dont le diagramme est représenté figure 207, aura pour formule florale :

$$5S + 5P + 5E + (5C)$$

Nature des éléments floraux. — Avant de commencer l'étude des éléments floraux, il est bon de

dire un mot de leur signification morphologique. Cette étude nous permettra de mieux nous rendre compte de leur structure. Les différentes pièces de la fleur ne sont pas autre chose que des feuilles transformées. L'origine foliaire des sépales et des pétales, qui ont conservé l'aspect et la structure, sinon la couleur, des feuilles, est assez évidente. Nous verrons bientôt que les étamines et les carpelles montrent aussi les mêmes traits anatomiques généraux que les feuilles. D'ailleurs, il existe certaines fleurs où la transition se fait d'une façon insensible entre les bractées extérieures, qui sont nettement des feuilles, et les pétales, les sépales et même les étamines (nénuphar). Il y a donc eu métamorphose progressive. De plus, on constate aussi nombre de métamorphoses régressives. Dans certains cas tératologiques (souvent à la suite de piqûres d'insectes ou par suite du parasitisme d'un champignon inférieur) on a vu des carpelles se transformer en étamines et même en véritables feuilles. Cette régression se fait d'une façon constante pour les *fleurs doubles* (roses, pivoines, etc.) où les étamines très nombreuses du type primitif se transforment en pétales. Enfin le cas des *fleurs prolifères* comme les roses (*fig.* 181), qui après avoir donné une fleur continuent la croissance de leur axe en un rameau feuillé, montre bien que la fleur obtenue n'était qu'un rameau ordinaire sur lequel des feuilles modifiées s'étaient groupées en une fleur.

En résumé, une fleur n'est donc qu'un ensemble de feuilles modifiées dans leur forme et leurs fonctions et adaptées à des buts spéciaux. Ce sont ces formes et ces fonctions que nous allons maintenant étudier plus en détail.

Calice. — *Ses diverses parties*. — Le calice est le verticille extérieur ou inférieur de la fleur.

Il est *gamosépale* ou *monosépale* quand les sépales qui le composent sont soudés entre eux sur une plus ou moins grande étendue (*fig.* 209).

Le calice *polysépale* ou *dialysépale* est formé de plu-

sieurs sépales distincts. Leur nombre varie dans les diverses plantes : il en existe deux dans le pavot (*Papaver*), quatre dans la giroflée (*Cheiranthus*), cinq dans le fraisier (*Fragaria*).

Dans un calice gamosépale, on distingue le *tube*, le *limbe* et la *gorge*.

Le *tube* comprend la partie inférieure cylindrique du calice où s'est opérée la soudure des sépales ; le *limbe* est la partie étalée ordinairement restée libre ; la *gorge* est l'orifice du tube calicinal.

Les formes que revêt le tube du calice gamosépale sont très nombreuses : il est *cylindrique* dans l'œillet, *vésiculeux* ou en forme de vessie dans l'alkékenge, *turbiné* ou en forme de toupie dans la bourdaine, *urcéolé* ou en forme de grelot dans la jusquiame, etc.

Calice régulier. Calice irrégulier. — Le calice polysépale est *régulier* lorsqu'il est formé de sépales égaux et équidistants insérés à la même hauteur ; ex. : le fraisier (*Fragaria*), l'œillet (*Dianthus*). Il est encore régulier, lorsque, les sépales étant inégaux et insérés à des hauteurs différentes, ces irrégularités se reproduisent régulièrement ; ex. : la giroflée (*Cheiranthus*), le chou (*Brassica oleracea*) qui possèdent deux sépales plus grands, alternant avec deux sépales plus petits, et d'une façon générale toutes les fleurs de la famille des Crucifères.

Le calice gamosépale est régulier, quand les sépales, supposés isolés les uns des autres, réalisent les conditions énumérées précédemment.

Dans le cas contraire, le calice, qu'il soit d'ailleurs gamosépale ou polysépale, est *irrégulier*, ex. : la sauge (*Salvia*), l'aconit napel (*Aconitum napellus*) (*fig.* 210).

Nous ajouterons ici, pour ne plus y revenir, que les notions précédentes, relatives à la régularité du calice, s'appliquent également aux autres verticilles floraux, corolle, androcée et gynécée.

Si l'on considère la fleur entière, on dit qu'elle est régulière, lorsque tous les verticilles sont eux-mêmes réguliers.

Rapport du calice avec le pistil. — Le calice *libre* est indépendant du pistil (pavot, colza). Il est *adhérent*, quand il se soude à ce dernier sur une étendue plus ou moins grande; les folioles situées au sommet de la poire, de la pomme, du coing, représentent le limbe d'un calice adhérent; les aigrettes en forme de parasol renversé, qui accompagnent les fruits du pissenlit (*Taraxacum*), du salsifis (*Tragopogon*) (*fig.* 211), etc., proviennent aussi du limbe calicinal, qui s'est modifié.

Structure du calice. — Le calice est ordinairement vert et présente la même structure que la feuille. Parfois, il ressemble à la corolle, et contribue à donner de l'éclat à la fleur; dans ce cas, on dit que le calice est *pétaloïde*, ex. : l'aconit (*Aconitum*), la dauphinelle (*Delphinium*).



Fig. 210. — Calice irrégulier de l'aconit napel (*Aconitum napellus*).

Durée du calice. — Le calice est appelé *fugace* lorsqu'il tombe dès que la corolle s'épanouit, ex. : le pavot (*Papaver*), les Crucifères; il est dit *tombant* ou *caduc*, quand il disparaît en même temps que cette dernière. Le calice *persistant* dure jusqu'à la maturité du fruit; mais si pendant le développement de celui-ci il se flétrit, tout en restant en place, comme cela s'observe dans la mauve (*Malva*), on le désigne sous le nom de calice *marcescent*. Le calice *accrescent* persiste et s'accroît parallèlement au fruit qu'il accompagne (alkékenge, *fig.* 212).

Rôle du calice. — Le calice sert à protéger les verticilles plus délicats qui se trouvent à son intérieur. Parfois il est tellement réduit, que son utilité à cet égard est contestable.

Corolle. — *Ses diverses parties.* — La corolle est le verticille floral situé en dedans et au-dessus du calice. Les feuilles modifiées qui la composent portent le nom de *pétales*.

Un pétale isolé se compose de deux parties : l'une inférieure, étroite, plus ou moins longue, est appelée *onglet* (*fig.* 213) ; l'autre, supérieure, plane, élargie, est désignée sous le nom de *lame*. Quand l'onglet fait défaut, la lame est dite *sessile*, ex. : la rose.



Fig. 211. — Calice du salsifis formé d'aigrettes plumeuses (*Tragopogon*).

L'onglet peut être *nectarifère*, c'est-à-dire présenter à sa base une glande qui, à l'époque de la fécondation, sécrète un liquide sucré appelé *nectar*. Souvent le pétale se prolonge à sa partie inférieure en une *bosse* ou un *éperon* où s'accumule le nectar (violette, muflier, ancolie).

Les pétales sont ordinairement colorés des teintes les plus variées, qui font la beauté des fleurs.

Beaucoup de personnes ignorant la constitution, et surtout le rôle de la fleur, envisagent la corolle comme en étant la partie la plus importante, et admettent qu'une plante n'a pas de fleurs, lorsque la corolle de ces dernières fait défaut, ou

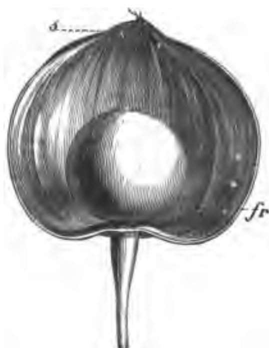


Fig. 212.

s, calice accrescent de l'alkékenge ; *fr*, fruit qu'il enveloppe.

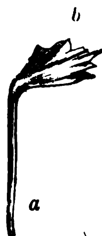


Fig. 213. — Pétale de l'œillet barbu (*Diantus barbatus*).

a, onglet ; *b*, lame.

qu'étant peu développée, sa coloration reste faible (1).

La corolle est *monopétale* ou *gamopétale*, quand les pétales qui la composent sont soudés entre eux sur une plus ou moins grande étendue, ex. : le tabac (*Nicotiana*) (*fig.* 214), le mouron (*Anagallis*), les véroniques (*Veronica*).

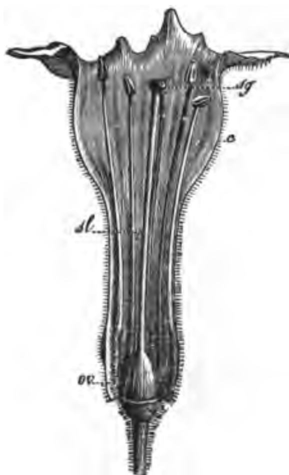


Fig. 214. — Fleur de tabac (*Nicotiana Tabacum*).

c, corolle gamopétale ouverte dans toute sa longueur ; *ov*, ovaire, *sl*, style ; *sg*, stigmate.

La corolle *polypétale* est celle dont les pétales restent distincts les uns des autres.

De même que le calice, la corolle, qu'elle soit monopétale ou polypétale, est *régulière* ou *irrégulière*.

Dans une corolle monopétale, comme dans un calice formé d'une seule pièce, on distingue trois parties : le *tube*, la *gorge* et le *limbe*.

Corolle gamopétale régulière. — La corolle gamopétale régulière affecte les formes les plus diverses ; elle est dite *campanulée*, lorsqu'elle ressemble à une cloche (campanule) ; *infundibuliforme*, quand elle figure un entonnoir, ex. : le liseron (*Convolvulus*). La corolle *urcéolée* ressemble à un grelot, ex. : la bruyère (*Erica*), la corolle *rotacée*, à une roue, ex. : le mouron (*Anagallis*), et la corolle *étoilée*, à une étoile, ex. : le caille-lait (*Galium*).

Corolle gamopétale irrégulière. — La corolle gamopétale irrégulière est dite *labiée* lorsque le limbe est partagé transversalement en deux divisions ou lèvres,

(1) En botanique, on dit qu'un organe est coloré, lorsqu'il présente une couleur autre que la couleur verte.

comme dans la sauge, le lamier (*fig.* 215 et 216). La lèvre supérieure est formée de deux pièces plus ou moins soudées; quand elle est entière et présente une concavité dirigée vers le centre de la fleur, on lui donne le nom de *casque*; la lèvre inférieure est formée de trois pétales réunis. Parfois, la lèvre supérieure étant profondément divisée, les deux pétales qui la composent se soudent aux trois pétales inférieurs, de



Fig. 215. — Fleur du lamier à corolle gamopétale irrégulière, vue de profil.



Fig. 216. — Fleur du lamier à corolle gamopétale irrégulière vue de face.



Fig. 217. — Corolle personnée du muflier ; à grandes fleurs (*Antirrhinum majus*).

manière à ne figurer qu'une seule lèvre, ex. : les germandrées.

La corolle *personnée* ou en *masque* a son limbe aussi divisé en deux lèvres ; mais la gorge est fermée au lieu d'être largement ouverte, comme dans les Labiées, ex. : les plantes de la famille des Scrofularinées dont le muflier (*Antirrhinum majus*) est le type (*fig.* 217).

La corolle *ligulée* se compose d'un tube terminé par une languette latérale finement dentée à son extrémité ; on peut admettre qu'elle est formée d'une corolle régulière, généralement à cinq divisions, fendue sur une longueur variable. Les fleurs à corolle ligulée sont presque toujours réunies en capitule sur un réceptacle

commun entouré d'un involucre ; on leur donne le nom de *demi-fleurons* (*fig.* 218) ; le capitule est dit *demi-flosculeux* ou *liguliflore*, quand il porte uniquement des demi-fleurons ; ex. : le pissenlit (*Taraxacum*). Parfois, ces derniers sont situés à la circonférence du capitule ; leurs ligules, déjetés en dehors, figurent les rayons d'une roue, dont le centre ou moyeu serait représenté par des *fleurons*, petites fleurs monopétales, régulières, à cinq divisions (*fig.* 219). Dans ce cas, la fleur est dite *radiée*, ex. : le chrysanthème (*Chrysanthemum*), le topinambour (*Helianthus tuberosus*). Si le réceptacle du capitule ne supporte que des fleurons, on donne à celui-ci le nom de *flosculeux* ou *tubuliflore*.



Fig. 218. — Demi-fleuron de l'*Anthemis rigescens*.



Fig. 219. — Fleuron de l'*Anthemis rigescens*.

Corolle polypétale régulière. — La corolle polypétale régulière formée de quatre pétales disposés en croix est dite *cruciforme*, ex. : le radis (*Raphanus*), la giroflée (*Cheiranthus*) et autres plantes de la famille des Crucifères. Elle est dite *rosacée*, quand elle se compose de cinq pétales étalés à onglet nul ou court, ex. : le rosier (*Rosa*), le fraisier (*Fragaria*).

Corolle polypétale irrégulière. — La corolle polypétale irrégulière est appelée *papilionacée* (*fig.* 220),

lorsque sa forme rappelle grossièrement celle d'un papillon prêt à s'envoler. Elle se compose de cinq pétales, le supérieur étendu embrasse tous les autres, on le nomme *étendard*; les deux latéraux sont connus sous le nom d'*ailes*; enfin, les deux inférieurs, généralement soudés, portent, à cause de leur forme, le nom de *carène*, ex. : le haricot (*Phaseolus*), le pois (*Pisum*), la

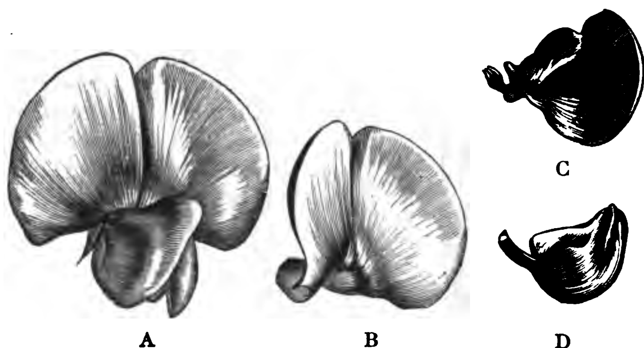


Fig. 220. — Corolle polypétale irrégulière dite papilionacée de la gesse à larges feuilles (*Lathyrus latifolius*).

A, corolle entière; B, l'étendard; C, une des ailes; D, la carène.

luzerne (*Medicago*), le trèfle (*Trifolium*), le cytise (*Cytisus*), etc.

Cette forme de corolle caractérise les plantes de la famille des Papilionacées, si importante au point de vue agricole.

La corolle polypétale irrégulière qui n'est point papilionacée, est dite *anomale*, ex. : l'aconit (*Aconitum*), la pensée (*Viola tricolor*).

Structure de la corolle. — Les pétales, de même que les feuilles normales, se composent d'un tissu parenchymateux, compris entre deux lames épidermiques, et constitué par de grandes cellules irrégulières laissant entre elles de vastes méats remplis d'air; les faisceaux libéro-ligneux correspondant aux ner-

vures, ne sont guère représentés que par des trachées.

Les pétales sont rarement riches en stomates; quand les cellules épidermiques se soulèvent en cône de peu de hauteur, la surface prend un aspect velouté, très apparent dans la pensée.

Rôle de la corolle. — La corolle comme le calice est un organe protecteur; de plus, quand elle sécrète du nectar et qu'elle est brillamment colorée, elle attire les insectes qui sont les agents les plus importants de la fécondation.

Androcée. — *Ses diverses parties.* — L'androcée

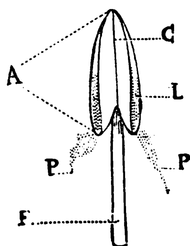


Fig. 221. — Étamine de giroflée.

A, anthère; F, filet; C, nervure du connectif; L, loge; P, P, pollen qui s'en échappe.

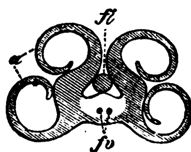


Fig. 222. — Coupe transversale d'une anthère.

Les loges se sont ouvertes en *a* ; *fl* filet; *fv*, faisceau du connectif.

est le troisième verticille d'une fleur complète, en partant de l'extérieur; il se compose des organes mâles ou *étamines*.

Une étamine (*fig.* 221) est une feuille modifiée formée d'un *filet* qui correspond au pétiole de la feuille et d'un *connectif* qui correspond au limbe. Le connectif porte en général, sur sa face supérieure et de chaque côté, deux sacs remplis à maturité d'une poussière jaune qui constitue le *pollen*, agent essentiel de la fécondation. L'ensemble élargi du connectif et des *sacs polliniques* se distingue nettement du filet plus grêle et a reçu le nom d'*anthère*.

Le connectif varie beaucoup dans sa forme et dans ses dimensions. Les loges de l'anthère sont tantôt allongées, ovoïdes, globuleuses, etc.

Dimensions relatives des étamines. — Les étamines d'une fleur peuvent ne pas avoir la même longueur ; les inégalités qu'on observe à cet égard fournissent de bons caractères pour la classification des plantes.

Les étamines *didynames* sont au nombre de quatre, deux grandes et deux petites ; ex. : le lamier (*Lamium*) (*fig.* 216), la sauge (*Salvia*), la scrofulaire (*Scrofularia*) et beaucoup

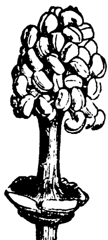


Fig. 223. — Étamines monadelphes de la mauve.

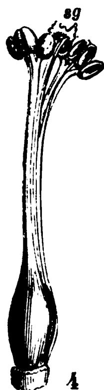


Fig. 224. — Étamines diadelphes de la fumeterre ; au centre on aperçoit l'extrémité du pistil.

d'autres plantes de la famille des Labiées et de celle des Scrofulariées.

Les étamines de la famille des Crucifères sont *tétradynames* ; sur six il y en a quatre grandes et deux petites.

Soudure des étamines. — Les étamines sont dites *monadelphes* (*fig.* 223) lorsqu'elles sont réunies par leurs filets en un seul faisceau, ex. : la mauve (*Malva*) ; *diadelphes*, quand elles forment deux faisceaux (*fig.* 224), ex. : le pois (*Pisum*), la fumeterre (*Fumaria*), etc. ; *polyadelphes*, quand il existe trois ou un plus grand nombre de faisceaux, ex. : le millepertuis (*Hypericum*).

Si la soudure ne porte que sur les anthères, les étamines sont dites *synanthérées* (*fig.* 225). Les anthères soudées en tube existent dans les fleurs de la grande famille des Composées, à laquelle on donne quelquefois le nom de famille des Synanthérées.

Les pièces de l'androcée se soudent fréquemment

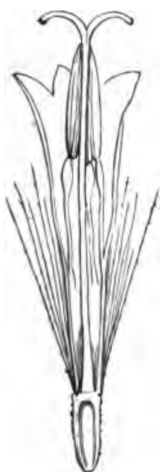


Fig. 225. — Fleuron du seneçon montrant des étamines synanthérées.



Fig. 226. — Fleur de la sensitive à étamines hypogynes.

aux autres parties de la fleur; ainsi, dans les fleurs monopétales, les étamines adhèrent à la corolle.

Position relative des étamines. — Relativement à leur situation par rapport au pistil, les étamines sont divisées en trois catégories : les étamines *hypogynes*, *périgynes* et *épigynes*. Les étamines hypogynes (*fig.* 226) s'insèrent au-dessous du pistil, c'est-à-dire au fond même de la fleur, ex. : les renoncules (*Ranunculus*). Les étamines périgynes sont fixées sur le calice à une certaine hauteur au-dessus de la base de l'ovaire, ex. : le rosier (*Rosa*), le cerisier (*Cerasus*), le poirier (*Pirus*) (*fig.* 227). Les étamines épigynes s'insèrent immédiatement sur l'ovaire

comme dans la carotte (*Daucus*), le fenouil (*Fœniculum*) (*fig*. 228), le caille-lait (*Galium*) et autres plantes de la famille des Ombellifères et des Rubiacées.

Les étamines sont appelées *gynandres* lorsqu'elles se soudent avec le gynécée (orchis).



Fig. 227. — Coupe longitudinale de la fleur du poirier montrant des étamines périgynes.

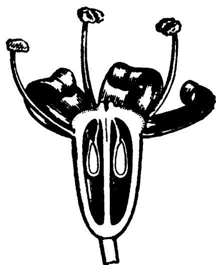


Fig. 228. — Coupe de la fleur du fenouil montrant des étamines épigynes.

STRUCTURE DES ÉTAMINES. — Le filet se compose de trois parties :

1° D'un faisceau libéro-ligneux central qui se prolonge dans le connectif;

2° D'un parenchyme homogène entourant le faisceau;

3° D'un épiderme muni de stomates.

L'anthère, formée à l'origine d'un tissu homogène, se différencie peu à peu et présente à l'état adulte une région centrale de tissu compact constituant le connectif traversé par le faisceau libéro-ligneux du filet (*fv*, *fig*. 229.) De chaque côté se forment les deux sacs polliniques. Au début de leur différenciation, ils présentent, en allant de l'extérieur vers l'intérieur : 1° un épiderme (*ep*) ; 2° une ou plusieurs couches de cellules qui épaissiront irrégulièrement leur membrane (1, 2, 3, *fig*. 229 et 230) et donneront la ou les *assises mécaniques* (*cf*, *fig*. 231) ; 3° des cellules polygonales à contenu granuleux, à parois minces peu consistantes (*et*, *el'* *fig*. 230). C'est l'assise nourricière qui se résorbera plus tard pour nourrir les

grains de pollen ; 4° les *cellules mères du pollen* (*p*, *p*, *fig.* 229 et 230) qui se distinguent par leur forme arrondie et leurs dimensions des cellules polygonales dont nous venons de parler; elles se divisent d'abord en deux, les cellules filles se segmentent encore une fois ; en définitive, une cellule mère pollinique donne naissance à quatre cellules formant chacune un grain de pollen.

Lorsque l'anthère mûrit, l'assise nourricière se résorbe

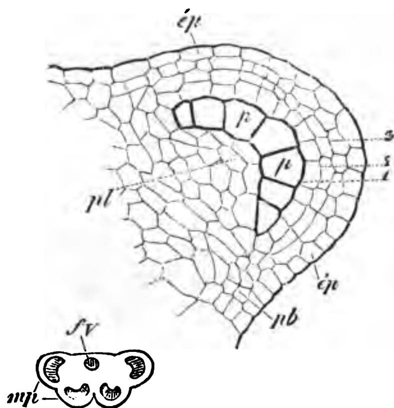


Fig. 229. — Coupes transversales d'une anthère jeune de *Mentha aquatica*.

mp, masses polliniques ; *fv*, faisceau vasculaire ; *ép*, épiderme ; 1, 2, 3, assises sous-épidermiques ; *p*, *p*, cellules mères du pollen ; *pl*, *pb*, parenchyme du connectif. (D'après Warming.)

et sert à nourrir les grains de pollen; ces grains de pollen s'isolent les uns des autres, épaississent leur membrane externe. Pendant ce temps, les cellules de l'assise mécanique se vident de leur contenu et prennent des épaississements sur leurs membranes. L'anthère est alors prête pour la *déhiscence*.

Déhiscence de l'anthère. — Elle consiste dans l'ouverture plus ou moins brusque des loges de l'anthère. Elle

s'effectue lorsque les grains de pollen ou cellules mâles sont prêts à féconder les cellules femelles. Généralement, il se fait une fente le long de la cloison séparant les deux loges de chaque côté de l'anthère, de façon qu'à la maturité il n'y a plus qu'une cavité latérale ;

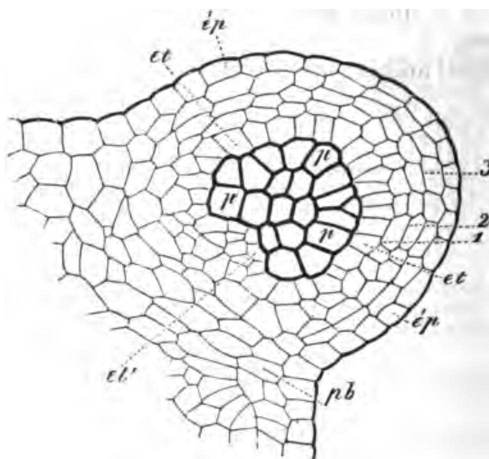


Fig. 230. — Coupe transversale d'un demi-lobe d'anthère jeune du *Campanula Trachelium*.

Mêmes lettres qu'à la figure 229. En outre, *et*, couche cellulaire entourant immédiatement la masse des cellules mères du pollen ; *et'*, la même du côté du connectif (environ 300/1) (d'après Warming).

plus rarement, la fente est transversale. Le pollen s'échappe quelquefois par le sommet de l'anthère (*fig.* 232) comme dans la pomme de terre (*Solanum tuberosum*), ou par l'ouverture que laisse une sorte de valve qui se soulève latéralement, ex. : l'épine-vinette (*Berberis*), le cannellier (*Cinnamomum Zeylanicum*) (*fig.* 233).

L'anthère est *introrse*, quand l'ouverture par laquelle se fait la déhiscence regarde le centre de la fleur ; elle est *extrorse*, quand elle regarde le périanthe, et *latérale*,

lorsque la situation de l'ouverture est intermédiaire aux deux précédentes.

Mécanisme de la déhiscence de l'anthère. — Il ne suffit pas que les grains de pollen trouvent une issue, il faut encore que celle-ci soit largement ouverte; c'est alors qu'interviennent les cellules de l'assise mécanique. Comme elles sont inégalement épaissies sur leurs faces externes et internes, il se produit par suite de la dessiccation des inégalités de tension qui amènent bientôt une rupture. Cette rupture se fait aux points les moins résistants, c'est-à-dire ordinairement entre les deux sacs polliniques de chaque demi-anthère, où les cellules de l'assise mécanique n'ont pas formé d'épaississements.



Fig. 231. — Coupe transversale de la paroi de l'anthère du *Lilium superbum*.

ép, épiderme ; *cf*, assises mécaniques (100/1).

Elle se produit parfois brusquement. Quand, par une journée chaude, on traverse un champ de seigle en pleine floraison, il n'est pas rare de voir des anthères se dégager subitement de la fleur et éclater, en projetant autour d'elles un nuage de pollen.

Pollen. — Le pollen est ordinairement composé de grains jaunâtres de formes très variables (*fig.* 234), ayant l'aspect d'une fine poussière. Dans les forêts de pins, il est tellement abondant qu'il colore le sol en jaune. C'est la chute de ce pollen transporté par les vents à une grande distance qui, dans quelques circonstances, a pu faire croire à des pluies de soufre.

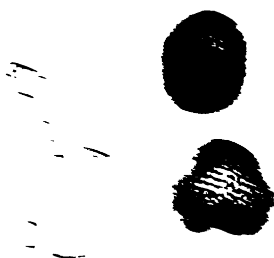
Dans les Orchidées, les grains de pollen s'échappent en deux masses, désignées sous le nom de *pollinies*, et supportées chacune par un pédicule fixé sur une base glanduleuse aplatie nommée *rétinacle* (*fig.* 235). Les pol-

[illegible] qui butinent [illegible] que ces petits [illegible]





[illegible]





[illegible]

L'enveloppe extérieure, appelée *exine*, est épaisse, fortement cutinisée, résistante et souvent couverte de proéminences en forme de pointes, de tubercules, d'ailes de dimensions variables ; elle offre des ponctuations qui correspondent à des amincissements appelés *pores*.

La membrane interne connue sous le nom d'*intine*, analogue à la membrane cellulosique ordinaire, est mince et extensible. Cette double enveloppe contient un protoplasme très dense, bourré de matières nutritives de réserve. Au milieu se trouve un gros noyau et latéralement une petite cellule lenticulaire à noyau distinct et à membrane albuminoïde (*fig.* 236).

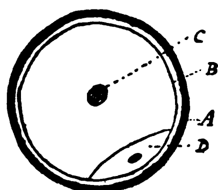


Fig. 236. — Schéma de la constitution d'un grain de pollen.

A, exine; B, intine; C, gros noyau central; D, cellule lenticulaire latérale.

Un semblable grain de pollen mis dans l'eau ou dans un liquide nutritif ne tarde pas à germer. Le contenu du grain de pollen gonfle et fait hernie au travers des pores de l'exine, toujours recouvert de l'intine. Il s'allonge en un tube, le *boyau pollinique* (fig. 234) où pénètre le noyau central et à sa suite la petite cellule lenticulaire. Arrivée à ce stade, la germination artificielle du grain de pollen s'arrête, le boyau pollinique meurt. Nous verrons ce qu'il devient dans la nature.

Pistil ou gynécée. — *Ses diverses parties.* — Le pistil ou gynécée est le verticille central de la fleur. Les feuilles modifiées qui constituent le pistil ont reçu le nom de *carpelles*.

Un carpelle se compose de trois parties : l'*ovaire*, le *style* et le *stigmate* (*fig.* 237).

L'*ovaire*, situé à la base du carpelle, est une cavité close provenant d'une feuille repliée dont le limbe s'est soudé par ses bords ; on donne le nom de *suture ventrale* à la ligne suivant laquelle les deux bords de la feuille carpellaire se réunissent. La nervure médiane est désignée sous le nom de *suture dorsale*.

Le *style* est une petite colonne formée par le prolongement de la nervure médiane de la feuille carpellaire.

Le *stigmate*, situé à l'extrémité libre du style, est un organe très diversement figuré; couvert de poils ou de papilles, il sécrète un liquide visqueux, destiné à retenir le pollen au moment de a fécondation; le style manque quelquefois, alors le stigmate est sessile, ex. :



Fig. 237. — Pistil de la fumeterre officinale (*Fumaria officinalis*).

ov, ovaire; *sl*, style; *sg*, stigmate.

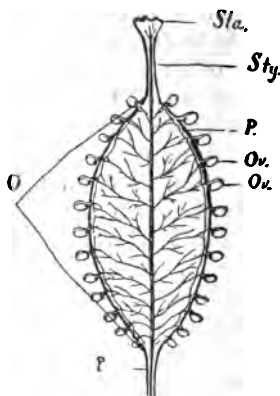


Fig. 238. — Feuille carpellaire théorique.

o, ovaire ; P, placenta ; *Ov*, ovules ; *Sty*, style; *Sta*, stigmate ; P, pétiole (Courchet).

le pavot (*Papaver*). Dans l'ovaire, se trouvent les *ovules* ou rudiments des graines. Ces petits corps ovoïdes, comparables morphologiquement aux dents d'une feuille ou aux folioles d'une feuille composée, sont insérés sur les côtés de la feuille carpellaire, le long d'un faisceau libéro-ligneux qui en longe les bords. La ligne d'insertion des ovules, plus ou moins renflée et formant saillie à l'intérieur de l'ovaire, a reçu le nom de *placenta*. Les ovules se fixent au placenta par l'intermédiaire d'un petit corps cylindrique nommé *funicule.*

Pistil monocarpellé. — Pistil pluricarpellé. — Le pistil est *monocarpellé* quand il renferme un carpelle



Fig. 239.

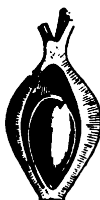


Fig. 240.

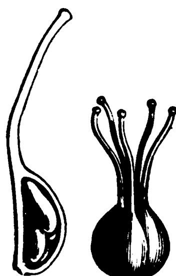


Fig. 241.

Fig. 239. — Coupe transversale de l'ovaire de la violette montrant trois placentas pariétaux.

Fig. 240. — Coupe longitudinale de l'ovaire de l'*Armeria maritima* mon trant un long funicule qui fixe l'ovule au placenta.

Fig. 241. — A droite, pistil pluricarpellé du *Spiræa Fortunei* à ovaires distincts. A gauche, un carpelle ouvert montrant les ovules qui sont à l'intérieur.

unique (haricot), *pluricarpellé* quand il en renferme plusieurs.

Dans un pistil pluricarpellé, les ovaires peuvent être *simples* et distincts les uns des autres, ex. : les renon-



Fig. 242. — Schéma d'ovaire à placentation pariétale.

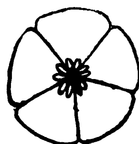


Fig. 243. — Schéma d'ovaire à placentation axile.

cules (*Ranunculus*), les spirées (*Spiræa*) (fig. 241), *composés*, c'est-à-dire réunis en un seul corps, ex. : l'œillet (*Dianthus*), le poirier (*Pirus*) (*fig*. 242), le pommier (*Malus*).

Dans le cas des pistils composés, c'est-à-dire lorsque

plusieurs carpelles sont soudés en une seule pièce, il peut se présenter deux cas principaux :

1° Les carpelles restent ouverts et se soudent par leurs bords. L'ovaire est alors à une seule loge. Les placentas du bord de chaque carpelle se soudent avec ceux des carpelles voisins et sont ainsi placés sur la paroi même de l'ovaire. On dit que la *placentation* est *pariétale*, ex. : violette (*fig.* 242 et 245). Il est évident que dans un pistil monocarpellé la placentation est pariétale.

2° Chaque carpelle est fermé, comme nous avons dit pour le pistil monocarpellé, et les carpelles se soudent



Fig. 244.



Fig. 245.



Fig. 246.

Fig. 244. — Coupe transversale de l'ovaire pluricarpellé du poirier ormé par la réunion de cinq carpelles (placentation axile),

Fig. 245. — Coupe transversale de l'ovaire de la violette à placentation pariétale.

Fig. 246. — Coupe longitudinale de l'ovaire de la lysimaque vulgaire à placentation centrale.

par leurs parties extérieures (*fig.* 243 et 244). Il y a alors autant de loges à l'ovaire que de carpelles. Les placentas sont tous soudés suivant l'axe de la fleur. On dit qu'il y a *placentation axile*, ex. : le poirier (*fig.* 243 et 244).

Enfin il arrive parfois que les placentas limités à la région basilaire des carpelles font saillie au milieu même de la loge centrale de l'ovaire. Il y a alors *placentation centrale* (*fig.* 246), mais le cas est relativement rare.

Rapports de situation du pistil avec les autres organes floraux. — Un ovaire libre de toute adhérence avec les

autres verticilles floraux est désigné sous le nom d'ovaire *libre* ou *supère* (pavot, œillet, cerisier) (*fig*. 247), tandis qu'on appelle ovaire *adhérent* ou *infère* celui qui est soudé au calice (melon, *fig*. 248).

OVULE. — Nous avons appris précédemment quelle est la nature morphologique de l'ovule, il nous faut maintenant connaître son organisation avant d'aborder l'étude de ce phénomène mystérieux, connu sous le nom de *fécondation*.

L'ovule le plus complexe (*fig*. 249 et 250) offre une portion centrale parenchymateuse appelée *nucelle*, entourée d'une ou de deux enveloppes ou *téguments* superposés qui sont, en partant de l'extérieur, la *primine* et la *secondine*. Ces téguments sont interrompus en un point qu'on peut regarder comme le sommet du nucelle. C'est le *micropyle*. Le point où naissent les téguments est la *chalaze*. Enfin le *hile* est le point d'attache de l'ovule avec son funicule.



Fig. 247. — Coupe longitudinale de la fleur du cerisier à ovaire supère.



Fig. 248. — Coupe longitudinale de la fleur du melon à ovaire infère.

La position que l'ovule occupe dans l'ovaire est généralement constante dans les plantes de la même famille ; il est donc nécessaire de signaler les différences qu'il présente à cet égard, à cause de leur importance

au point de vue de la classification des végétaux.

L'ovule est *orthotrope* quand ses diverses parties se sont développées uniformément; le hile, le micropyle et la chalaze sont en ligne droite.

L'ovule est *anatrope* ou *réfléchi* lorsqu'il se développe inégalement sur tout son pourtour et se renverse de manière que le micropyle se rapproche du hile; celui-ci est très éloigné de la chalaze et le funicule soudé latéralement à l'ovule forme une petite saillie qu'on nomme *raphé* (*fig.* 250).

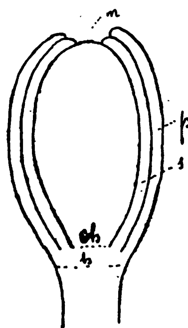


Fig. 249. — Schéma d'une coupe d'ovule orthotrope.

m, micropyle ; *ch*, chalaze; *h*, hile; *p*, primine; *s*, secondine.

Les ovules anatropes sont de beaucoup les plus répandus.

L'ovule est *campylotrope* quand son grand axe se recourbe au lieu de rester rectiligne, comme dans les deux cas précédents; le micropyle est situé au voisinage du hile (*fig.* 252).

Au début, le nucelle se compose d'un tissu cellulaire homogène ; bientôt, une des cellules au voisinage du micropyle grandit notablement aux dépens de ses voisines; on lui a donné le nom de *sac embryonnaire*. Le noyau du sac em bryonnaire se divise en deux; chacun des nouveaux noyaux s'isole à chaque extrémité de la cellule et en donne par division deux, puis quatre autres ; trois de chacun des deux groupes s'entourent de protoplasme et d'une membrane. Des trois cellules supérieures deux ont reçu le nom de *synergides* (S, S), la troisième, la plus importante, est *l'oosphère* O. Les trois cellules inférieures sont les *antipodes*. Enfin les deux noyaux restant vont l'un au-devant de l'autre et se fusionnent pour constituer le *noyau secondaire du sac embryonnaire*, A (*fig.* 254).

Fécondation. — Nous venons de voir quelle est

la structure de la fleur et à quel état se trouvent les différentes parties quand elles ont atteint leur complet

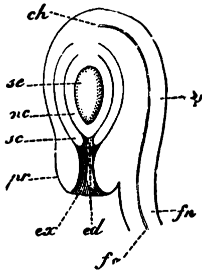


Fig. 250. — Coupe longitudinale d'un ovule.

pr, primine ; *sc*, secondine ; *ex*, exostome ; *ed*, micropyle ; *nc*, nucelle ; *se*, sac embryonnaire ; *fn*, funicule ; *fv*, faisceau vasculaire ; *rp*, raphé ; *ch*, chalaze.

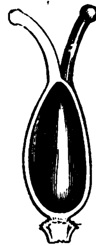


Fig. 251. — Coupe d'un ovaire du sarrasin (*Fagopyrum esculentum*) montrant un ovule orthotrope.

développement. Il ne reste plus qu'à montrer comment se produit l'acte final et capital de la fécondation d'où résultera la formation de l'œuf et de l'embryon.

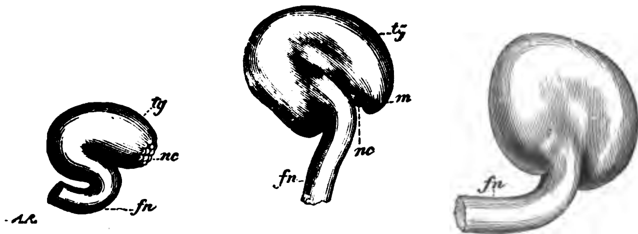


Fig. 252. — Ovule campylotrope du *Cheiranthus Cheiri*.

Trois états successifs de développement ; *fn*, funicule ; *tg*, tégument externe ou primine ; *m*, micropyle ; *nc*, nucelle.

La fécondation comprend plusieurs stades :

1° Le transport du grain de pollen de l'étamine sur le stigmate, ou *pollinisation* ;

2° La *germination du grain de pollen*;

3° La fusion des éléments sexués ou *fécondation proprement dite.*

Pollinisation. — La pollinisation peut être *directe* ou *indirecte.* Elle est directe quand le pollen est transporté sur le stigmate de la fleur même qui a produit ce pollen. Pareil fait ne peut se produire que dans les fleurs hermaphrodites. Dans ces cas le pollen, par suite de son

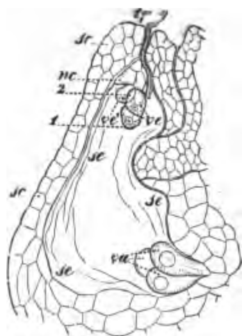


Fig. 253. — Coupe d'un ovule de l'ail odorant (*Allium odorans*).

La primine est supprimée; *se*, secondine; *nc*, restes du nucelle; *sc*, sac embryonnaire; *tp*, extrémité du tube pollinique qui a opéré la fécondation; *ve*, *ve'*, vésicules embryonnaires; *va*, vésicules antipodes.

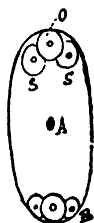


Fig. 254. — Schéma du sac embryonnaire.

O, oosphère; S, S, synergides; A, noyau secondaire du sac embryonnaire; B, cellules antipodes.

poids, tombe directement de l'étamine sur le stigmate. Parfois certaines fleurs sont adaptées à cette pollinisation directe. Dans la rue (*Ruta graveolens*), l'épine-vinette (*Berberis*), à la maturité du pollen, les étamines s'infléchissent sur le stigmate, le recouvrent de pollen et reprennent leur première position.

Mais les cas de pollinisation directe sont rares. Darwin et son école ont d'ailleurs montré que les produits obtenus en réalisant la pollinisation directe d'une façon artificielle sont toujours inférieurs. Il semble que ces

croisements entre cellules sexuelles parentes amènent une dégénérescence rapide de l'espèce dont les graines sont toujours moins nombreuses et moins lourdes. Au contraire, les graines obtenues en croisant les individus différents d'une même espèce sont toujours plus nombreuses, plus lourdes et donnent des plants plus

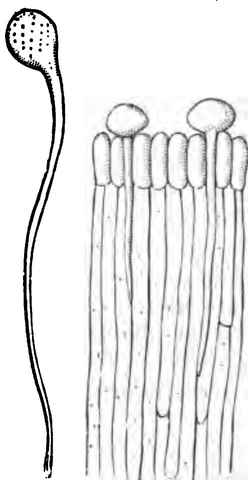


Fig. 255. — A gauche grain de pollen qui a émis son boyau pollinique ; à droite style fendu longitudinalement pour montrer la marche de deux boyaux polliniques.

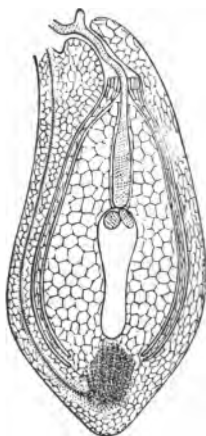


Fig. 256. — Ovule coupé verticalement au moment de la fécondation, et montrant le tube pollinique dont l'extrémité s'est mise en contact avec le sac embryonnaire.

vigoureux. Dans la nature, c'est en effet la pollinisation indirecte ou *fécondation croisée* qui domine dans les plantes. Elle est de règle dans les plantes monoïques ou dioïques, mais se produit aussi très fréquemment pour les plantes hermaphrodites. En effet, les dispositions qui empêchent qu'une fleur ne puisse être fécondée par son propre pollen sont multiples et variées. L'obstacle le plus fréquent à l'auto-fécondation est la *dichogamie*. On appelle ainsi le fait qu'une fleur ne mûrit pas ses

étamines en même temps que son pistil, de sorte qu'un stigmate mûr ne pourra recevoir de pollen que d'une fleur provenant d'un pied différent. Quand le pollen mûrit avant les ovules, la fleur est dite *dichogame protérandre* (Graminées, Malvacées, Ombellifères); quand c'est l'inverse, elle est dite *dichogame protogyne* (Joncacées, beaucoup de Graminées).

Dans ces cas de fécondation croisée, le problème du transport du pollen se complique. Les modes de transport du pollen sont très variés, mais les deux facteurs les plus importants sont le vent et les insectes.

Le vent emporte facilement, et souvent à de très grandes distances, les grains de pollen qui forment une légère poussière, souvent rendue plus légère encore (Conifères) par deux petits ballonnets latéraux remplis d'air. La pollinisation par le vent se produit en particulier dans les Graminées où les anthères oscillantes, fixées en un seul point à l'extrémité de filets longs et déliés, s'ébranlent au moindre souffle et abandonnent leur pollen.

La fécondation directe est la règle pour le blé, l'orge, l'avoine, les pois.

La fécondation croisée s'observe chez le seigle, le maïs, le sorgho, le millet, les choux, les carottes, les pommes de terre et les betteraves. Les variétés de ces différentes espèces se maintiennent difficilement pures de tout mélange.

Les insectes attirés par le nectar que sécrètent certaines fleurs sont aussi des agents très puissants de la fécondation croisée.

Les fleurs qu'ils visitent ont toujours de vives couleurs qui les leur font remarquer aisément; il est facile d'observer que les fleurs non fécondées par l'intermédiaire des insectes, les Conifères, les Graminées, sont incolores.

Le miel est toujours sécrété en un point tel que l'insecte est obligé, pour s'en emparer, de venir au contact des anthères et du stigmate; sa peau inégale et les poils qui la recouvrent généralement jouent le rôle de



brosses vis-à-vis du pollen que le stigmate visqueux enlève ensuite et retient aisément.

Nous allons citer deux exemples curieux de ce dernier mode de fécondation.

Fécondation par les insectes de l'aristoloche clématite et de la sauge des prés. — La fleur de l'aristoloche (*Aristolochia clematitis*) (*fig.* 257) se compose d'un périanthe ayant la forme d'un cornet dilaté à sa base et terminé par un lobe unique ; tant que le stigmate n'a pas été recouvert de pollen, la fleur, largement ouverte, est portée par un pédicelle dressé. Des poils nombreux, mobiles autour de leur point d'attache, et dirigés de haut en bas, hérissent le tube du périanthe (en *b*, fig. A) ; les lobes du stigmate recouvrent les anthères. Les petites mouches (*a*, *fig.* A) pénètrent facilement jusqu'à la dilatation, mais elles se trouvent emprisonnées à cause des poils qui font du périanthe une véritable nasse. L'insecte s'agite dans sa prison, et laisse tomber sur le stigmate le pollen dont son corps est chargé. La fécondation opérée, les lobes du stigmate se redressent, les anthères s'ouvrent, en même temps que les poils du tube se dessèchent (*b*, *fig.* B) ; de plus, le fond du périanthe s'élargit et permet à l'insecte de circuler désormais au milieu des anthères, et de se couvrir d'une nouvelle quantité de pollen ; les poils ne lui faisant plus obstacle, il s'échappe pour aller visiter une autre fleur ; aussitôt, le périanthe se renverse, le lobe ferme la fleur et en défend l'accès aux mouches, dont l'intervention est désormais inutile.

Dans la sauge des prés (*Salvia pratensis*), la fécondation s'effectue d'une manière très élégante. Les deux filets des étamines (*fig.* 258) sont terminés chacun par de longs connectifs soudés entre eux qui peuvent osciller autour de leurs points d'attache ; les deux grandes branches sont libres de toute adhérence, et se terminent chacune par une demi-anthère, tandis que les petites branches soudées entre elles en sont dépourvues. Quand un bourdon vient (en suivant la flèche *b*) sucer le nectar

situé au fond de la corolle, il effleure le style bifide (d), qui se charge du pollen dont le corps de l'insecte est couvert : celui-ci se heurte contre le petit bras de levier;

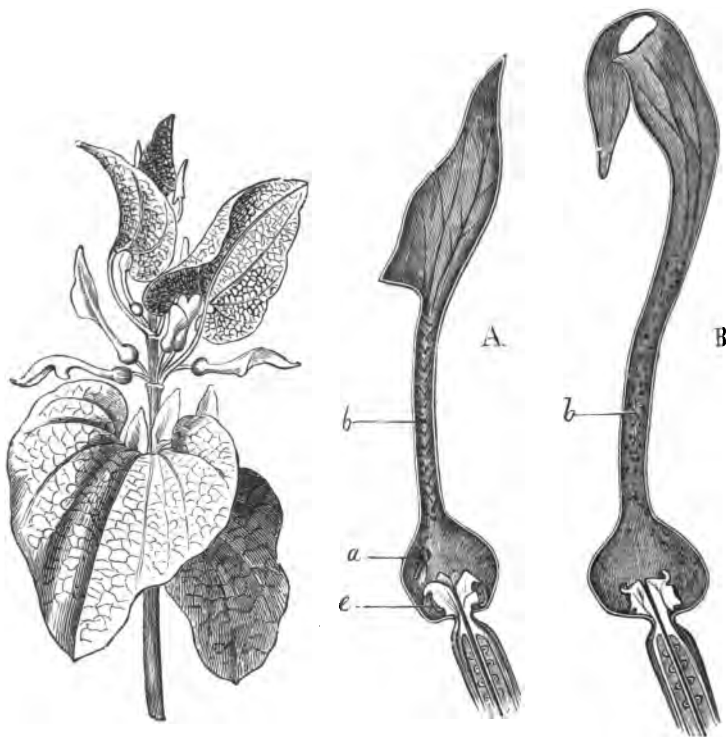


Fig. 257. — Fragment de tige de l'aristoloche clématite portant plusieurs fleurs.

A, fleur isolée avant la fécondation ; *a*, insecte qui a pénétré dans la dilatation du tube floral ; *b*, poils hérissés qui retiennent l'insecte prisonnier ; *c*, anthères recouvertes par les lobes du stigmate. — B, la même fleur après la fécondation ; on voit en *b* la trace des poils qui sont tombés.

il le soulève, tandis que les bras portant les anthères se rabattent en avant (c, c') et le couvrent de pollen.

Fécondation artificielle. — L'homme intervient quel-

quefois directement pour assurer la fécondation des plantes. Depuis des siècles, les Arabes secouent, au milieu de l'inflorescence femelle du dattier, des rameaux chargés de fleurs mâles qu'ils vont couper dans le désert. On a proposé d'agiter les chaumes des céréales en fleurs en y promenant une corde tenue horizontalement pour assurer la chute du pollen sur le pistil. Cette opération, désignée du nom de *cordage*, ne saurait être efficace dans les céréales à fécondation directe telles que le blé,

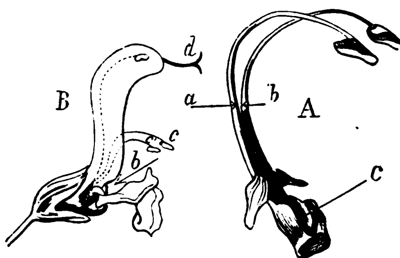


Fig. 258. — Fleur de la sauge des prés (*Salvia pratensis*).

A, deux étamines isolées avec leurs deux longs connectifs *a* et *b* soudés en *c* et supportés par deux courts filets fixés aux côtés de la gorge de la corolle. — B, fleur vue de côté : *d*, stigmate bifide ; une ligne ponctuée indique la position des étamines à l'intérieur de la corolle ; *c*, *c'*, les deux étamines rabattues après le contact de l'insecte en *b*.

l'avoine et l'orge où le pollen tombe nécessairement sur le pistil. Dans le seigle, où la fécondation est croisée, il y a toujours une production de pollen si considérable qu'il s'en trouve toujours assez pour féconder le pistil.

Des plantes exotiques cultivées dans nos serres, telles que les orchidées, resteraient infécondes faute d'insectes pour transporter le pollen, si les horticulteurs n'y suppléaient. Les anthères sont détachées à l'aide d'une petite pince, au moment où elles commencent à s'ouvrir ; si les fleurs sur lesquelles on vient les appliquer ne s'épanouissent que plusieurs jours après, le pollen est conservé entre deux verres de montre soudés avec de la gomme arabique et recouverts d'une feuille d'étain ; par

ce procédé, il peut garder ses propriétés fécondantes pendant assez longtemps; le pollen est déposé sur le stigmate visqueux du pistil à l'aide d'un pinceau très fin.

Les melons, les fraisiers élevés en serre à l'abri des insectes sont aussi fécondés artificiellement. Enfin c'est encore de cette façon qu'il faut procéder pour la vigne et pour toutes les plantes dont on veut croiser des variétés pour en obtenir des produits intermédiaires.

Germination du grain de pollen et fécondation proprement dite. — Le pollen arrivé sur le stigmate y trouve un liquide sucré et donne bientôt un boyau pollinique comme dans le cas de la germination artificielle que nous avons déjà vue. Le boyau pollinique s'allonge entre les cellules peu cohérentes du stigmate et du style, se nourrit à leurs dépens et pénètre jusque dans l'ovaire en suivant les placentas. Il prend quelquefois ainsi une grande longueur et peut atteindre jusqu'à un décimètre (certaines orchidées et amaryllis). Peu à peu, il arrive jusqu'à l'ouverture du micropyle et vient s'appliquer sur le sommet du nucelle, au-dessus du sac embryonnaire. Il pénètre jusqu'à ce dernier, perd sa membrane de sorte que le noyau dédoublé de la petite cellule lenticulaire s'avance dans le sac embryonnaire. Des deux noyaux mâles provenant de cette cellule pollinique l'un d'eux se fusionne ainsi que le protoplasme mâle qui l'entoure avec le noyau et le protoplasme de l'oosphère qui, dès lors fécondée, devient un *œuf.* L'autre noyau mâle continuant son chemin vient s'accoler au noyau secondaire du sac embryonnaire. C'est en cette double union que consiste la fécondation proprement dite. Dès lors, l'œuf et le noyau du sac embryonnaire vont commencer une nouvelle évolution qui nous amènera à la formation de la graine.

Coulure. — Lorsque l'ovaire n'a pas été fécondé, il meurt avec tout le reste de la fleur ; on dit vulgairement que le fruit a *coulé.* Les plantes cultivées qui souffrent le plus de la coulure sont les céréales, les abricotiers et espèces à fruits pourvus de noyaux; la vigne y est

aussi particulièrement sujette; dans le Midi, il existe certains vignobles tellement exposés à cet accident, qu'on les désigne vulgairement sous le nom de *coulards*.

La coulure doit être attribuée à diverses circonstances; les froids, les brouillards, et surtout les pluies excessives ou prolongées qui entraînent le pollen sur le sol ou le font éclater avant que la fécondation puisse s'opérer, en sont quelquefois la cause; nous avons constaté qu'elle est due, le plus souvent, à une insuffisance d'alimentation de la plante; au moment de la fécondation du seigle, nous n'avons laissé qu'une talle par touffe, 98 pour 100 des fleurs ont été fécondes, alors que dans les témoins nous n'en comptions que 70 pour 100; elle peut aussi tenir à la faiblesse des plantes, à la mauvaise culture du sol.

Les causes de la coulure étant connues, les moyens préventifs le sont également; on peut l'empêcher ou au moins en atténuer les effets, soit à l'aide d'abris, soit par des fumures, ou de bonnes façons données au sol. Les vignerons ont remarqué que l'incision annulaire et le pincement des bourgeons agissent dans le même sens.

Métissage et hybridation. — Jusqu'à présent nous nous sommes occupés de la fécondation sans spécifier quelle pouvait être l'influence des deux parents sur le produit formé dans les cas où il y avait croisement. Les produits de croisement s'appellent *métis* ou *hybrides*. Il y a métissage quand l'union a lieu entre plantes différentes de même espèce. Ce sont les cas que nous avons envisagés en parlant de fécondation croisée. Il y a hybridation quand les plantes appartiennent à deux espèces végétales différentes. Ainsi le croisement de l'amandier et du pêcher est une hybridation, celui du blé Rieti et du Bordeaux est un métissage.

D'une façon générale, la fécondation ne se produit qu'entre deux plantes ayant l'une pour l'autre une certaine affinité naturelle, et elle est d'autant plus facile que les plantes croisées se ressemblent davantage. Aussi est-il beaucoup plus commode de faire un métis qu'un hybride.

La facilité avec laquelle certaines plantes peuvent se croiser devient en horticulture la cause de beaucoup de mécomptes. Des melons de bonne qualité tels que les cantaloups, par exemple, fécondés par le pollen de variétés insipides cultivées dans le voisinage, fournissent des graines de qualité très inférieure. Ce sont les plantes à races et variétés nombreuses, telles que les melons, les courges, les choux et beaucoup de plantes d'ornement qui s'abâtardissent le plus facilement. Les horticulteurs éloignent avec soin les porte-graines dont ils redoutent le croisement; quelquefois même l'inflorescence est enveloppée d'une gaze qui empêche la visite des insectes. Dans la culture soignée des melons et des courges on opère toujours la fécondation artificielle.

Si la formation facile des métis est quelquefois à redouter, elle est aussi très souvent avantageuse. Les produits du métissage sont en effet plus forts, plus résistants, que les plantes dont ils sont issus. Ils sont aussi beaucoup plus féconds, produisent des fleurs, des fruits et des graines plus abondants et plus lourds. Ces avantages se conservent pendant plusieurs générations dans la descendance directe des métis si de nouveaux croisements ne viennent pas introduire d'autres modifications. Quand le métissage a lieu entre deux plants ayant des différences bien marquées, constituant ce qu'on appelle deux *variétés* ou deux *races* de la même espèce, parmi les métis quelques-uns seulement possèdent des propriétés intermédiaires à celles des deux parents. Toutes ces propriétés précieuses des métis ont été depuis longtemps utilisées par les horticulteurs, et c'est à leurs efforts que nous devons les nombreuses variétés de dahlias, de bruyères, de chrysanthèmes, de roses, d'arbres fruitiers qui sont l'ornement et le profit de nos jardins.

Les hybrides ont des caractères bien différents. En premier lieu, ils se produisent difficilement et le nombre de ceux qu'on a réalisés jusqu'à présent est relativement restreint. D'ordinaire, les divers caractères des deux rents sont fusionnés dans leurs descendants, mais

quelquefois ils restent distincts et se développent côte à côte. Les hybrides sont en général beaucoup plus vigoureux et plus résistants, ont une floraison plus précoce et plus abondante que leurs parents. Aussi les horticulteurs s'efforcent-ils de produire de nouveaux hybrides qu'ils conservent indéfiniment ensuite par multiplication asexuée. C'est qu'en effet les hybrides, au contraire des métis, sont le plus souvent inféconds. Malgré leur vigueur plus grande, leurs fleurs plus développées, ils produisent rarement des graines. Quelques-uns sont féconds, mais alors on observe dans leur descendance une grande variabilité dans les caractères acquis à la suite de l'hybridation. Au bout de quelques générations, la plupart des descendants reprennent les uns le type de la mère, les autres celui du père. Quand la multiplication asexuée peut intervenir, on conserve aisément les types intéressants qui apparaissent. Quand la plante se multiplie par graine on n'y parvient qu'à la longue et très difficilement. Avec la vigne qui se multiplie par voie asexuée, on a pu réaliser entre les espèces du nouveau monde et celles d'Europe des croisements dont les produits sont bien supérieurs aux espèces indigènes comme production et résistance au phylloxéra et aux maladies cryptogamiques. Ces espèces nouvelles à propriétés si précieuses, multipliées par bouturage et marcottage, sont maintenant répandues dans tous les pays où on cultive la vigne.

Un hybride ainsi fixé est en quelque sorte une espèce nouvelle. Aussi a-t-il droit à un nom. On le désigne en joignant au nom générique les noms spécifiques des deux parents, et en commençant par l'espèce qui a fourni le pollen. Ainsi l'hybride provenant de la digitale jaune (*Digitalis lutea*) et de la digitale rouge (*Digitalis purpurea*) porte le nom de digitale jaune-rouge, si c'est la digitale rouge qui a reçu le pollen de la digitale jaune. Les hybrides de plantes spontanées sont assez rares ; cependant, on connaît des hybrides de digitales, de gentianes et de molènes.

CHAPITRE VII

FRUIT

Nous avons vu qu'après la fécondation de l'oosphère commence une nouvelle évolution. Elle aboutit à la transformation de l'ovule en *graine* et de l'ovaire en *fruit*. Peu après la formation de l'œuf, la fleur se flétrit, le style et le stigmate se dessèchent, la corolle tombe; de même le calice persiste rarement; au contraire, l'ovaire et les ovules prennent un grand développement.

On appelle *fruit* le résultat de la transformation de l'ovaire à la suite de la fécondation. Le fruit comprend deux parties : le *péricarpe* qui n'est autre chose que la paroi de l'ovaire transformée, et les *graines* qui proviennent des ovules.

Péricarpe. — Le péricarpe sert à protéger les graines; il est formé par les parois ovariennes, et il se compose en général de trois parties, qui sont, en partant de l'extérieur : l'*épicarpe*, le *mésocarpe* et l'*endocarpe*.

L'épicarpe, c'est la peau du fruit, il provient de l'épiderme extérieur de l'ovaire; le mésocarpe, situé au-dessous de l'épicarpe, provient du *mésophylle* de la feuille carpellaire; dans quelques fruits, comme la pêche (*fig.* 259), la pomme, etc., son parenchyme s'accroît notablement et devient succulent, tandis que les faisceaux restent très réduits. Le mésocarpe charnu est aussi appelé *sarcocarpe* ; quelques cellules du sarcocarpe peuvent s'épaissir, et donner naissance à ces grains très durs qui se trouvent dans les poires dites pierreuses.

L'endocarpe tapisse la cavité qui renferme les graines;

dans la pomme, il a la consistance du parchemin; c'est lui qui forme le noyau dans la prune, la cerise, etc.; c'est encore l'endocarpe qui rend les pois et les haricots verts si désagréables à manger lorsqu'ils sont un peu âgés. Dans les oranges et les citrons, c'est aux dépens de l'endocarpe que se développent les poils gonflés d'un

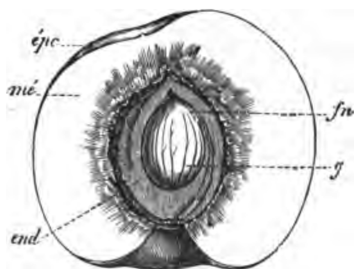


Fig. 259. — Coupe longitudinale d'une pêche.

épc, épicarpe; *mé*, mésocarpe; *end*, endocarpe; *g*, graine; *fn*, funicule.

suc à la fois doux et acide qui constituent la partie comestible de ces fruits.

Développement et maturation des fruits. — La fécondation terminée, le fruit se *noue*, disent les jardiniers. La feuille carpellaire qui forme les parois de l'ovaire peut, en se développant, rester mince et devenir plus ou moins coriace à la maturité; le fruit qui en résulte est désigné sous le nom de *fruit sec*. Dans d'autres cas, elle s'épaissit considérablement; les cellules du parenchyme s'allongent et se multiplient, tandis que les faisceaux cessent de s'accroître et ne sont plus représentés que par des filaments déliés composés surtout de trachées. Cette seconde catégorie de fruits constitue les *fruits charnus*.

Les fruits secs subissent peu de modifications pendant leur maturation. Les cellules du péricarpe lignifient leur membrane, perdent leur contenu qui est remplacé par de l'air.

Les modifications des fruits charnus sont beaucoup plus complexes.

Lorsque le fruit encore vert a acquis son volume définitif, il renferme des acides, particulièrement de l'acide malique, tartrique, citrique, de la cellulose, de l'amidon, de la glucose, du tannin et de la pectose.

Quand la maturité approche, le fruit change de couleur sous l'influence de la chaleur et surtout de la lumière ; il prend une teinte plus ou moins vive, jaune, rouge, etc. ; en même temps, sa composition chimique éprouve d'importantes modifications : l'amidon et le tannin disparaissent peu à peu. Les acides diminuent par suite de combustions lentes. Il se fait du sucre de canne dont la proportion va croissant. En même temps l'apparition d'un ferment soluble, l'*invertine*, provoque son dédoublement en glucose et lévulose. Cette action diastasique est poussée plus ou moins loin, si bien que certains fruits contiennent à maturité uniquement des sucres intervertis (raisin, cerise, groseille) tandis que d'autres renferment à la fois de la glucose et du sucre de canne (ananas, pêche, pomme, poire, banane).

C'est principalement dans les raisins qu'il est facile d'observer une proportion croissante de sucre à mesure qu'on approche de la maturité et une diminution correspondante des matières acides Ceux du Midi, mûris par un soleil ardent, deviennent tellement sucrés qu'il est avantageux de les récolter avant leur parfaite maturité, si l'on veut obtenir un vin plus riche en acides et en tannin, principes indispensables à sa conservation. Quant à la pectose, elle subit également, sous l'influence des acides et d'un ferment spécial, la *pectase*, une série de transformations. Les substances qui en dérivent ramollissent le fruit : ce sont elles qui forment la base de toutes les gelées végétales.

Outre les principes immédiats que nous venons d'énumérer, les fruits contiennent encore des matières albuminoïdes et un arome particulier à chaque variété, qui est dû à des éthers de diverses natures. Les chimistes

sont parvenus à fabriquer des éthers dont le goût rappelle celui de la pomme, de la poire, de l'ananas et de la vanille; aujourd'hui, la plupart des confiseurs en font usage.

Les fruits d'une même variété ne sont pas également savoureux. Les différences observées doivent être attribuées à l'influence de la chaleur, de la lumière, de l'humidité et du sol ; elles peuvent tenir aussi à l'arbre qui les a produits.

La chaleur et la lumière, favorisent la production du sucre ; les fruits du Midi ont une saveur beaucoup plus douce que ceux de même espèce récoltés dans le Nord.

L'humidité a pour effet de rendre la sève très abondante et aussi très aqueuse ; les fruits deviennent volumineux, mais ils restent fades. Pendant les années pluvieuses, l'eau y afflue en quantité telle, que leur épiderme finit souvent par éclater (cerises, groseilles).

L'influence de l'humidité étant admise, on conçoit facilement que les arbres plantés dans un sol humide ne sauraient donner de bons fruits. Quelle que soit la nature du terrain dans lequel ils se trouvent, les jeunes arbres produisent toujours des fruits de qualité secondaire.

Le temps employé par les diverses espèces de fruits pour arriver à maturité est variable avec les espèces. Il faut deux ou trois mois aux groseilles et aux cerises, six mois environ aux pommes, aux poires, aux pêches; les cônes de pins ne mûrissent qu'au commencement de la troisième année.

Quand un fruit vert reçoit un choc, ou encore lorsqu'il devient *véreux*, il mûrit plus vite qu'un fruit sain. C'est là un fait curieux à noter : chaque fois qu'une plante est altérée par une cause quelconque, elle parcourt rapidement les diverses phases de sa végétation; on dirait qu'avant de mourir elle veuille produire des graines et s'assurer une postérité.

Les oranges mûrissent au bout d'un an; cependant on attend quelquefois la deuxième année pour en faire

la récolte. Elles sont alors plus volumineuses, mais leur pulpe est moins délicate.

Déhiscence du péricarpe. — La déhiscence est l'acte par lequel le péricarpe mûr d'un fruit sec s'ouvre et laisse échapper ses graines au dehors. Les *fruits déhiscents* sont ceux qui s'ouvrent spontanément (haricot, ellébore); les *fruits indéhiscents* sont : 1° les fruits charnus dont le péricarpe se détruit pour mettre les graines en liberté ; 2° les fruits secs dont l'enveloppe ne se déchire que sous la pression de la graine qui germe (blé, sarrasin).

Dans un fruit *simple*, c'est-à-dire formé par un seul carpelle, la déhiscence s'effectue de diverses manières : 1° par une fente unique longitudinale, correspondant aux bords soudés de la feuille carpellaire (ellébore) ; 2° par deux fentes également longitudinales, correspondant, l'une aux bords de la feuille carpellaire, l'autre à sa nervure médiane (haricot).

Dans un fruit *composé*, la déhiscence peut être *septicide*, *loculicide* ou *septifrage*.

Dans ces trois cas, le péricarpe du fruit se partage en un certain nombre de pièces distinctes, appelées *valves*.

La déhiscence est *septicide* (*fig*. 260) lorsque les carpelles soudés s'isolent d'abord les uns des autres et s'ouvrent ensuite longitudinalement (colchique, digitale, tabac).

La déhiscence est *loculicide* (*fig*. 261) lorsqu'elle s'effectue seulement selon la nervure médiane de la feuille carpellaire ; il en résulte que chaque valve est formée de deux moitiés de carpelles différents (tulipe, lis).

Dans la déhiscence *septifrage* (*fig*. 262), la paroi externe des loges se détache sans entraîner les cloisons, qui restent intactes au centre du fruit (Crucifères, Orchidées).

Dans les divers modes de déhiscence que nous avons passés en revue, les fentes qui se produisent sont longitudinales; quelques fruits seulement s'ouvrent par une

fente transversale qui divise le péricarpe en deux parties (*fig*. 263); la supérieure se soulève comme le couvercle

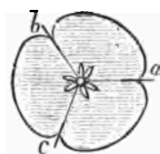


Fig. 260.

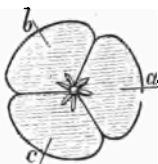


Fig. 261.

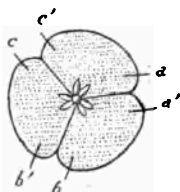


Fig. 262.

Fig. 260. — Schéma de la déhiscence septicide. *a*, *b*, *c*, lignes où se fendront les cloisons.

Fig. 261. — Schéma de la déhiscence loculicide. *a*, *b*, *c*, lignes où seront fendues les loges.

Fig. 262. — Schéma de la déhiscence septifrage. *a a'*, *b b'*, *c c'*, lignes où seront fendues les loges.

d'uue boîte à savonnette (plantain, jusquiame, mouron rouge); dans ce cas, la déhiscence est dite *transversale*.

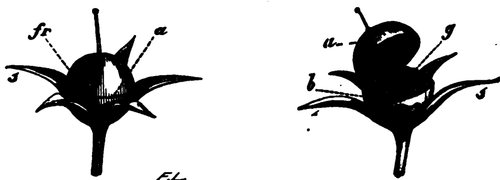


Fig. 263.

A gauche, fruit entier de l'*Anagallis arvensis* : *s*, calice persistant; *a*, ligne transversale où se fera la rupture du péricarpe. — A droite, le même fruit après la déhiscence : *a* et *b*, les deux parties du péricarpe; *g*, graines.

Les graines peuvent aussi s'échapper par de petites ouvertures appelées *pores*. Le muflier (*Antirrhinum*) (*fig*. 264) nous fournit un exemple de ce mode de déhiscence, qu'on désigne sous le nom de *poricide*.

Enfin, dans le céraiste, l'œillet, etc., les feuilles car-

pellaires s'écartent légèrement à leur sommet, pour donner issue aux graines.

Classification des fruits. — On les divise généralement en deux catégories. Dans la première sont compris les fruits qui proviennent d'un pistil simple ou unicarpellé ; on les nomme *fruits apocarpés*. Ceux de la seconde catégorie proviennent d'un pistil composé ou



Fig. 264. — Fruit du muflier percé à son sommet de trois pores par où s'échappent les graines.



Fig. 265. — Achaine ou fruit du sarrasin (*Fagopyrum esculentum*).

pluricarpellé ; on les désigne sous le nom de *fruits syncarpés*.

Nous distinguerons aussi dans cette classification les fruits secs des fruits charnus et les fruits déhiscents des fruits indéhiscents.

FRUITS APOCARPÉS

A. — *Fruits apocarpés secs et indéhiscents.*

1° *Caryopse*. — Le caryopse est un fruit sec ne renfermant qu'une seule graine, et dont le péricarpe, très réduit, se soude à la graine. C'est le fruit du blé, du seigle, du riz et de presque toutes les plantes de la famille des Graminées.

2° *Achaine* ou *akène*. — C'est un fruit qui diffère du caryopse, en ce que le tégument de la graine est distinct

du péricarpe. Tel est le fruit des Composées, du sarrasin (*fig.* 265).

3° *Samare.* — La samare est un achaine dont le péri-

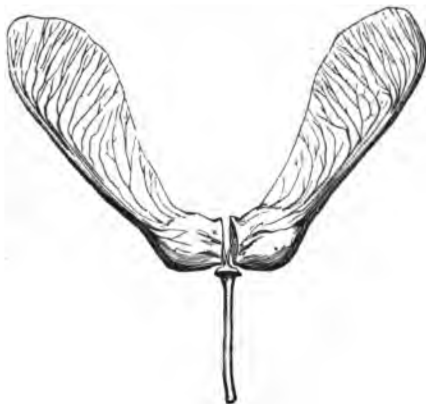


Fig. 266. — Double samare de l'érable.





Fig. 267.

A gauche, trois follicules de la pivoine officinale (*Pæonia officinalis*) produits par une fleur. — A droite, fruit coupé transversalement, montrant des graines à son intérieur, et en *a*, la suture par où se fera la déhiscence.

carpe se prolonge extérieurement en une sorte de membrane appelée *aile*. L'aile entoure le fruit dans l'orme (*Ulmus*); elle ne s'étend que d'un seul côté dans le frêne (*Fraxinus*) et les érables (*Acer*) (*fig.* 266).

B. — *Fruits apocarpés secs et déhiscents.*

4° *Follicule* (*fig.* 267). — C'est un fruit uniloculaire qui s'ouvre par sa suture ventrale en une seule valve représentant la feuille carpellaire étalée, ex. : l'ellébore

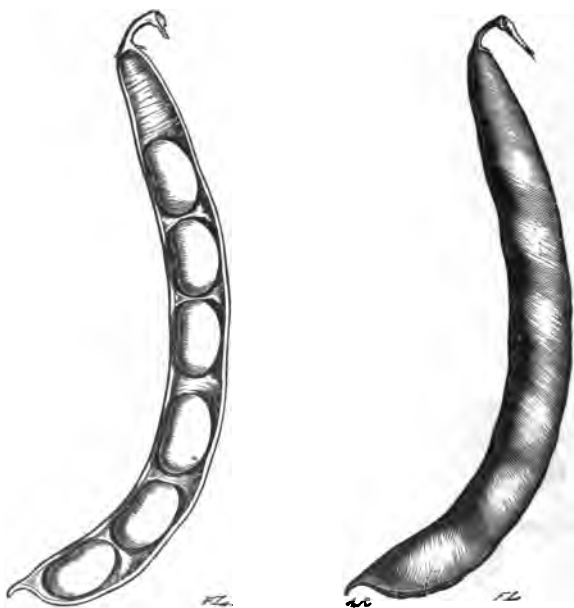


Fig. 268.

A droite, gousse entière du haricot flageolet (*Phaseolus vulgaris*) ; à gauche, la même gousse ouverte et montrant six graines en place.

(*Helleborus*), la dauphinelle ou pied-d'alouette (*Delphinium Ajacis*).

5° *Gousse*. — La gousse, appelée aussi légume, diffère du follicule en ce que la déhiscence s'effectue au niveau de la suture ventrale et de la suture dorsale. Elle porte des graines attachées le long de la suture ventrale. Le

haricot (*fig.* 268), le pois, les vesces et presque toutes

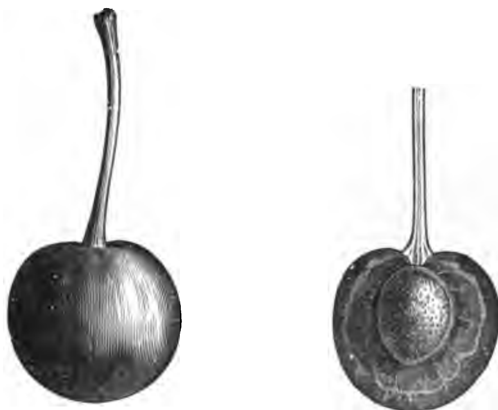


Fig. 269.

A gauche, drupe ou cerise ; a droite, le même fruit coupé longitudinalement pour en montrer le noyau intérieur.

les Légumineuses en offrent des exemples bien connus.



Fig. 270. — Fraise des quatre saisons montrant des petits fruits nichés dans des fossettes superficielles.

C. — *Fruits apocarpés charnus.*

6° *Drupe.* — La drupe est un fruit charnu qui contient un noyau uniloculaire, ex. : la cerise (*fig.* 269), la prune, la pêche, l'abricot, etc.

La noix diffère de la drupe par un mésocarpe plus coriace auquel on donne le nom de *brou*, ex. : le fruit du noyer (*Juglans*), de l'amandier (*Amygdalus*).

Fruits agrégés. — Une fleur peut renfermer plusieurs carpelles, qui deviennent autant de fruits apocarpés *distincts*. On donne à cet ensemble le nom de fruit agrégé. Celui du fraisier (*fig.* 270) renferme des achaines fixés

dans le gynophore (1) accru et devenu succulent; le fruit agrégé de la ronce (*Rubus*) et celui du framboi-



Fig. 271. — Gland du chêne velani (*Quercus Ægilops*).

gl, gland; *cp*, cupule.

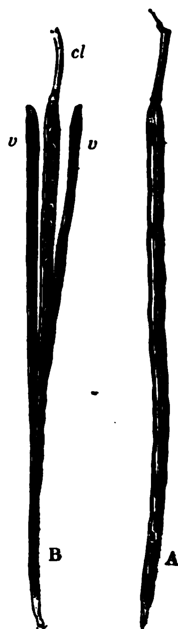


Fig. 272. — Silique du *Moricandia arvensis*.

A, entière et fermée. — B, après sa déhiscence: *v*, *v*, ses deux valves; *cl*, sa cloison où sont attachées les graines.

sier (*Rubus idæus*) sont composés de drupes, et celui de la pivoine (*Pæonia*), de follicules.

FRUITS SYNCARPÉS

A. — *Fruits syncarpés secs et indéhiscents.*

7° *Gland.* — Bien que le gland ne renferme qu'une seule graine, il provient néanmoins d'un pistil composé, dans lequel un seul carpelle s'est développé. Il est enchâssé dans un involucre écailleux nommé cupule (*fig.* 271).

(1) Le gynophore est un organe qui soutient quelquefois le pistil ou gynécée au-dessus des autres organes de la fleur.

B. — *Fruits syncarpés secs et déhiscents.*

8° *Silique et silicule.* — C'est un fruit à deux carpelles ouverts, primitivement à une loge, qui bientôt se divise en deux par une fausse cloison reliant les placentas ; elle sert de support aux graines qui s'attachent sur ses bords (*fig.* 272). Au moment de la déhiscence, le péricarpe se détache en deux valves qui s'écartent de bas en haut comme dans le colza, les choux et autres Crucifères. Dans la ravenelle, le fruit, étranglé de distance en distance, se rompt à la maturité en autant de fragments qu'il y a de graines. Quand la longueur du fruit ne dépasse guère sa largeur, on lui donne le nom de *silicule* (*fig.* 273), ex. : la bourse-à-pasteur, la drave printanière (*Draba verna*), le thlaspi (*Thlaspi*).

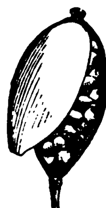


Fig. 273. — Silicule de la drave.

9° *Pyxide.* — C'est un fruit qui s'ouvre par une fente circulaire transversale, ex. : le mouron des champs (*Anagallis arvensis*) (Voy. *fig.* 263).

10° *Capsule.* — Les fruits syncarpés, secs, déhiscents qui ne rentrent pas dans les catégories précédentes, sont des capsules ; on comprend que leurs formes soient extrêmement variables, ex. : le fruit du muflier (*Antirrhinum*), de l'œillet (*Dianthus*), du tabac (*Nicotiana*), de la violette (*Viola tricolor*) (*fig.* 274), du pavot (*Papaver*), etc.

C. — *Fruits syncarpés charnus.*

11° *Péponide.* — La péponide est un fruit charnu à une seule loge dont la cavité intérieure renferme les graines, que soutiennent de longs filaments du placenta, ex. : le melon, le potiron, la coloquinte (*fig.* 275) et les autres Cucurbitacées.

12° *Pomme.* — La pomme est un fruit charnu formé de plusieurs ovaires soudés au tube du calice, ex. : la pomme (*fig.* 276), la poire, le coing, la nèfle.

Le sarcocarpe de la pomme provient non seulement du péricarpe, mais encore du calice qui s'est épaissi.

L'endocarpe est membraneux dans la poire, le coing, etc. ; il est ligneux dans la nèfle. Ces petits



Fig. 274. — Capsule ou fruit de la violette.

A, avant la déhiscence; B, après la déhiscence et montrant les graines à l'intérieur.

noyaux sont en nombre égal à celui des ovaires ; on leur donne le nom de *nucules*.

13° *Orange ou hespéridie.* — L'orange est un fruit composé d'une enveloppe épaisse entourant une masse

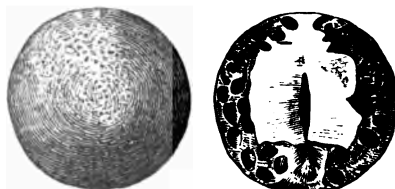


Fig. 275. — Péponide de la coloquinte ; à droite coupée transversalement pour montrer les graines intérieures.

charnue qui peut être divisée sans aucun déchirement en un certain nombre de parties, ex. : l'orange (*fig.* 277), le citron.

La peau de l'orange représente l'épicarpe et le méso-

carpe ; l'endocarpe est formé par la peau membraneuse facilement dédoublable qui enveloppe sa pulpe. Quand on examine celle-ci dans une orange un peu âgée, on la voit composée de cellules fusiformes succulentes qui partent de l'endocarpe comme des sortes de poils.

14° *Baie*. — C'est un fruit charnu renfermant des graines disséminées dans la pulpe, ex. : les groseilles (*fig*. 278), les raisins.

Fruits composés. — Les fruits composés proviennent

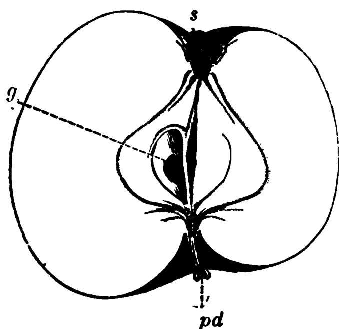


Fig. 276. — Pomme coupée longitudinalement.

s, calice persistant ; *pd*, pédoncule ; *g*, graine ou pépin en place.

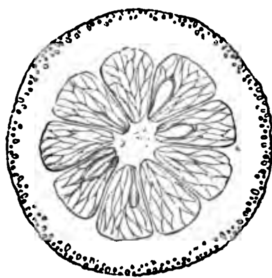


Fig. 277. — Orange coupée transversalement et laissant voir deux de ses graines.

non d'une fleur, mais d'une inflorescence entière dont les parties autres que le pistil se sont diversement modifiées. On a donné des noms spéciaux à ces agglomérations de fruits.

15° *Cône ou strobile*. — Le cône se compose de bractées ayant à leur aisselle soit des achaines ou des samares, soit des graines nues comme dans les Gymnospermes où, comme on sait, il n'y a pas d'ovaire, ex. : le fruit du pin (*fig*. 279), du sapin, du mélèze, du cyprès, de l'aune, du bouleau.

Les bractées sont ligneuses dans les exemples que

nous venons de citer; celles du genévrier sont charnues et le fruit globuleux offre l'aspect d'une baie; celles du houblon sont membraneuses.

16° *Sycone*. — C'est le fruit du figuier, du dorstenia. Il se compose d'un réceptacle charnu portant de petites drupes qui croquent sous la dent quand on mange une figue (*fig.* 280).

17° *Sorose*. — On donne ce nom à plusieurs fruits réunis en un seul corps par l'intermédiaire des enveloppes florales qui deviennent charnues. L'ananas (*fig.* 281), le fruit du mûrier (*fig.* 282), de l'arbre à pain (1) en fournissent des exemples. Dans l'ananas, les bractées charnues consti-

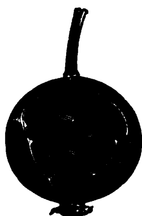


Fig. 278. — Baie du groseillier coupée longitudinalement.



Fig. 279. — Cône de pin

sq, *sq*, bractées ligneuses ; *g*, graines ; *em*, embryon.

(1) L'arbre à pain, originaire des îles de l'Océanie, a été naturalisé dans les régions intertropicales de l'Asie et de l'Amérique. On utilise toutes ses parties : son bois est employé dans les constructions ; avec son liber on fabrique des toiles résistantes ; les feuilles servent à couvrir les habitations ; le fruit bouilli ou grillé est un aliment agréable, sain et nutritif.

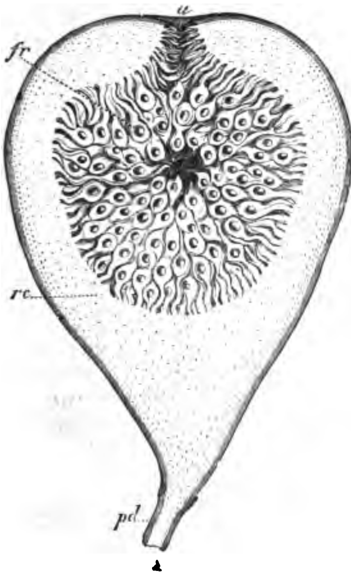


Fig. 280. — Sycone du figuier (*Ficus Carica*).

pd, pédoncule; *rc*, réceptacle, devenu charnu; *fr*, fruit; *a*, œil de la figue.



Fig. 281. — Sorose ou sommité fructifère de l'ananas (*Bromelia Ananas*).



Fig. 282. — Sorose formé par la réunion des fruits et des calices accrus du *Morus nigra*.

tuent un fruit ovoïde d'un jaune doré surmonté d'un panache de feuilles.

La mûre (*fig.* 282) se compose d'une réunion de drupes enveloppées chacune par un calice distinct devenu pulpeux ; le fruit de l'arbre à pain présente une organisation analogue.

Le tableau suivant résume la classification précédente :

- FRUITS
  - I apocarpés.
    - secs.....
      - indéhiscents.
        - caryopse.. Ex. : blé, seigle, riz, etc.
        - achaine... Ex. : sarrasin, Composées, etc.
        - samare.... Ex. : orme, frêne, érable.
      - déhiscents...
        - follicule... Ex. : ellébore, pied-d'alouette.
        - gousse.... Ex. : haricot, pois.
    - charnus.................. drupe..... Ex. : cerise, pêche, abricot.
  - agrégés.. Ex. : fraise, framboise.
  - II syncarpés.
    - secs.....
      - indéhiscents. gland..... Ex. : chêne.
      - déhiscents...
        - silique et silicule.. Ex. : choux, colza, etc.
        - pyxide.... Ex. : mouron.
        - capsule... Ex. : muflier, œillet, tabac.
    - charnus.
      - .... péponide.. Ex. : melon, potiron.
      - .... pomme ... Ex. : pomme, poire, nèfle.
      - .... hespéridie. Ex. : orange, citron.
      - .... baie....... Ex. : raisin, groseille.
  - composés.
    - .... cône....... Ex. : pin, sapin, houblon.
    - .... sycone..... Ex. : figue, dorstenia.
    - .... sorose..... Ex. : ananas, mûre, arbre à pain.

Dissémination des fruits et des graines. — Beaucoup de *fruits charnus* tombent sur le sol à l'époque de la maturité, tels que les pommes, les pêches, etc. ; dans d'autres, le péricarpe s'altère avant de se détacher de la plante, tel est le cas des cerises, des groseilles.

Les animaux sont les principaux agents de dissémi-

nation des fruits charnus dont ils consomment le péricarpe. Les graines, protégées le plus souvent par une enveloppe qui résiste à l'action des sucs digestifs, sont rejetées intactes et germent ensuite avec autant de facilité que si elles avaient conservé leur péricarpe. Les oiseaux disséminent un très grand nombre de graines, en particulier celles du gui. La substance visqueuse des fruits les attache à leur bec et ils s'en débarrassent sur

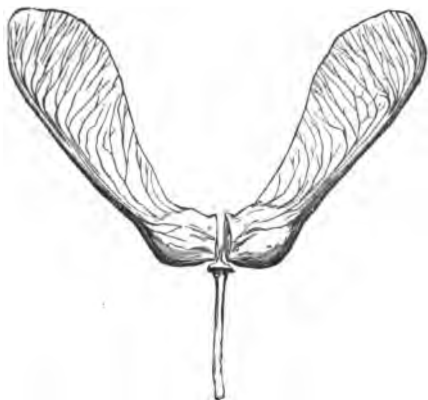


Fig. 283. — Samare d'érable, montrant des ailes qui servent au transport des graines.

les arbres voisins. Ainsi le gui s'étend de proche en proche.

Les *fruits secs* consommés par les animaux se comportent quelquefois comme les graines des fruits charnus pendant le phénomène de la digestion ; les déjections des vieux chevaux nourris à l'avoine renferment presque toujours des graines susceptibles de germer. Il faut la concasser pour remédier à une mastication insuffisante. Les aigrettes servent surtout, par un mécanisme des plus curieux, à détacher les graines du réceptacle ; les poils humides réunis au sommet de chaque graine en un faisceau unique, se dessèchent à la maturité et

s'étalent progressivement pour former une sorte de parasol renversé. En s'ouvrant, les parasols se pressent de plus en plus les uns contre les autres, ils ébranlent les fruits, et finissent par les renverser et les isoler du réceptacle. Les fruits hérissés de pointes de la bardane (*Lappa*), du gratteron (*Galium Aparine*), de la caucalide fausse carotte (*Caucalis daucoïdes*) et de la luzerne (*Medicago*), etc., s'attachent aux poils des animaux et aux vêtements des hommes. Ce sont des graines de cette nature, attachées aux toisons, qui déprécient les laines d'Australie. Aux environs de Montpellier il existe un lavoir de laines en suint, appelé le port



Fig. 284. — Fruit du salsifis, surmonté d'un calice à limbe en aigrette.

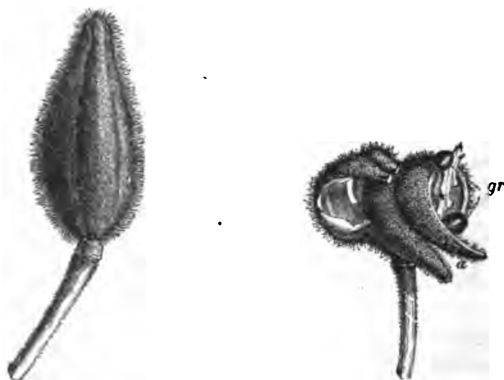


Fig. 285.

A gauche, fruit de la balsamine avant la déhiscence. — A droite, le même fruit après la déhiscence : *a*, *a*, valves repliées ; *gr*, graines qui n'ont pas été projetées au dehors.

Juvénal. La flore des environs s'est enrichie de plusieurs centaines d'espèces d'origine étrangère.

Les capsules du pavot (*Papaver*), des linaires (*Linaria*)

et en général toutes celles qui renferment un très grand nombre de petites graines peuvent être comparées à des sabliers qui n'abandonnent leur contenu que peu à peu même sous l'action des efforts les plus violents. Au lieu de tomber en totalité au pied de la plante mère, les graines se trouvent ainsi dispersées dans toutes les directions. Dans quelques fruits, le péricarpe s'ouvre brusquement et les valves se replient avec une force capable de projeter les graines à une distance de plusieurs mètres. C'est ce qui arrive dans le lupin et dans la balsamine des jardins.



Fig. 286. — Fruit du sablier élastique (*Hura crepitans*) ou arbre du diable.

La capsule d'une plante d'Amérique (*Hura crepitans*) (*fig.* 286) s'ouvre avec bruit et projette ses graines dans toutes les directions; quand, dans nos collections, on veut conserver ces dernières, il faut absolument serrer la capsule avec une ficelle afin de prévenir la déhiscence violente et subite.

L'homme contribue pour une grande part à la dissémination des végétaux ; il s'efforce de réunir tous ceux qui peuvent lui être utiles ou agréables : la pomme de terre nous vient du Chili; le maïs, appelé improprement blé de Turquie, est une plante d'Amérique ; à son insu, il propage aussi des espèces nuisibles : les coquelicots (*Papaver Rhæas*) et les bluets (*Centaurea Cyanus*) qui infestent nos moissons sont originaires du Levant.

En Amérique, aux environs de Montevideo, le chardon Marie (*Silybum Marianum*) et notre cardon se sont tellement multipliés, qu'ils ont étouffé presque toutes les autres espèces qui formaient les pâturages de cette contrée.

De ce qui précède, nous concluons que pour maintenir des terres propres, il ne faut pas seulement faire la guerre aux mauvaises herbes qui s'y développent; il faut encore se défendre contre l'introduction des germes qui peuvent être apportés du dehors.

Récolte des fruits charnus. — On choisit pour la récolte une journée de beau temps, et l'on attend que la rosée ait entièrement disparu. La cueillette se fait à la main, et non à l'aide d'instruments qui meurtrissent les fruits et les empêchent de se conserver. Dans un panier garni de mousse sèche ou de frissures de bois ou de rognures de papier, les fruits parfaitement sains sont déposés un à un sur deux ou trois rangs au plus, de manière à éviter la meurtrissure des tissus. On les porte ensuite dans un local bien aéré où ils sont placés sur des tables couvertes de mousse, en ayant soin de les isoler les uns des autres. Les fruits qui *passent* vite, pour employer l'expression des jardiniers, sont laissés là jusqu'au moment de leur consommation. Les fruits de garde sont transportés au fruitier.

Récolte des fruits secs. — Les fruits secs se récoltent presque toujours trop tardivement ; on s'expose ainsi à perdre les plus avancés qui sont en même temps les plus lourds et les plus précieux. Pour les céréales notamment, l'expérience démontre qu'on peut commencer la moisson dès que la graine possède une consistance pâteuse ; on prendra toutefois la précaution de mettre la récolte en moyettes pour que la dessiccation de la paille se poursuive lentement. A ce moment, le chaume desséché à la base ne tire plus rien du sol, mais les matières solubles qu'il renferme encore émigrent dans l'épi. En séchant en tas, ce phénomène de migration se poursuit comme si la plante était encore sur pied.

Si les céréales étaient cultivées spécialement en vue de la production des semences, il faudrait attendre la maturité complète ; la germination de celles-ci est alors plus rapide et plus uniforme. Ce conseil s'applique aussi à l'orge de brasserie. Quand on la récolte sur le vert, on voit augmenter la proportion de graines à cassure cornée, graines qui germent plus lentement et qui se travaillent moins bien que les graines à cassure farineuse.

Beaucoup de graines dures traversent le tube digestif des animaux domestiques et peuvent séjourner dans le fumier sans subir d'altération. C'est un fait bien connu des agriculteurs que les cultures fumées au fumier de ferme, sont plus envahies par les mauvaises herbes que celles auxquelles on applique seulement des engrais chimiques. Dans un kilogramme de matières terreuses récoltées au fond d'un tonneau à purin, M. Stebler a recueilli 11 816 graines de trèfle blanc ; 62 p. 100 étaient susceptibles de germer. On s'explique qu'après de copieux arrosages de purin, le trèfle blanc devienne parfois très envahissant. Les eaux charrient aussi des graines dures; les plus dangereuses pour les cultures, sont les eaux *dégraissées* qui ont déjà servi à des irrigations.

Le vent transporte facilement les semences des ormes, des érables et les achaines munis d'aigrettes des chardons, des pissenlits et autres Composées.

CHAPITRE VIII

GRAINE ET MULTIPLICATION NATURELLE

La graine est l'ovule fécondé, et capable de reproduire, par la germination, une plante semblable à celle qui lui a donné naissance.

Structure de la graine. — La graine se compose : 1° d'une enveloppe appelée *épisperme* ; 2° d'une *amande* qui en est la partie fondamentale.

1° ÉPISPERME. — L'épisperme est ordinairement formé de deux téguments qui sont, en partant de l'extérieur : le *testa* et le *tegmen* ; ils dérivent tous les deux des téguments de l'ovule. Le tegmen est une membrane mince de peu d'importance. Le testa, au contraire, donne à la graine son apparence. Il est tantôt lisse, comme dans le haricot, tantôt il est couvert de sillons, de proéminences, de poils plus ou moins développés. Le coton provient de poils soyeux qui recouvrent le testa du cotonnier, arbrisseau de la même famille que les mauves.

Le testa porte toujours la cicatrice correspondant au point d'attache du funicule avec l'ovule et cicatrice qu'on désigne sous le nom de *hile* ; celui-ci est très apparent dans le haricot, et surtout dans le marronnier d'Inde.

Les graines sont parfois recouvertes d'expansions d'étendue variable ; on donne à ces productions le nom d'*arilles* ; elles émanent du placenta ; on les désigne sous le nom d'*arillodes*, lorsqu'elles proviennent des téguments propres de la graine. L'enveloppe supplémentaire d'une belle couleur rouge observée dans le fusain (*Evonymus*) est un arille.

2° Amande. — L'amande contient l'*embryon* qui représente une plante en miniature formée, comme nous le savons déjà (p. 89), de la *radicule*, de la *tigelle*, de la *gemmule* et des *cotylédons*. Libre dans les Dicotylédones, la radicule est emprisonnée chez les Monocotylédones sous une membrane nommée *coléorhize*, qu'elle est obligée de déchirer pour pénétrer dans le sol. Dans le haricot (*fig.* 287), le pépin de pomme (*fig.* 288), l'embryon forme toute l'amande de la graine ; le plus souvent, il est accompagné d'un *albumen*, masse de tissu

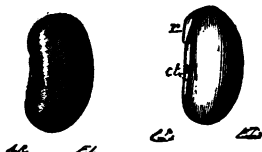


Fig. 287.

A gauche, graine entière de haricot ; à droite, la même dépouillée de son tégument : *ct*, les deux cotylédons ; *r*, radicule.

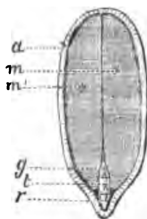


Fig. 288. — Coupe longitudinale d'un pépin de pomme.

a, testa et tegmen ; *m*, *m'*, cotylédons ; *r*, radicule ; *t*, tigelle ; *g*, gemmule.

alimentaire destiné à nourrir la plantule pendant la germination (*fig.* 289).

L'albumen émane du sac embryonnaire, et rarement aussi du nucelle ; quand le tissu solide de l'albumen n'occupe pas tout le sac embryonnaire, il reste au centre une partie du liquide qui, à l'origine, le remplissait tout entier. Dans le cocotier, ce liquide est appelé vulgairement lait de coco.

A l'origine, toutes les graines renferment un albumen ; mais il arrive que l'embryon, en se développant, le consomme en totalité ou en partie. Ce fait explique la proportion tellement variable du tissu albumineux dans les diverses graines.

La nature et la consistance de l'albumen varient d'une graine à l'autre; parfois, les parois de ses cellules restent minces et circonscrivent des cavités remplies de fécule (*albumen féculent*), comme dans le blé et les céréales alimentaires, ou d'huile (*albumen oléagineux*), comme dans le ricin.

Si l'épaisseur des parois cellulaires se développe considérablement aux dépens de la cavité intérieure, on obtient, suivant leur degré de consistance, des *albumens charnus* (épine-vinette) ou des *albumens cornés* (dattier).



Fig. 289. — Coupe d'une graine de campanule montrant en *e* son embryon entouré d'un albumen. — *t*, testa.

Dans le commerce, on emploie pour la confection des boutons une substance blanche connue sous le nom de *corozzo* ou d'*ivoire végétal*; le corozzo est formé par l'albumen du *phytelephas* à gros fruits, arbre qui pousse au bord des cours d'eau de l'Amérique du Sud.

Développement de la graine. — *Migration des matières organiques et minérales.* — Lorsqu'on suit le développement d'une graine, on la voit augmenter progressivement de volume. A cet accroissement, correspond un fait physiologique fort intéressant : les matières organiques et minérales accumulées dans la tige, dans les feuilles, émigrent en grande partie vers la graine qui les emmagasine. Ce transport présente son maximum d'activité dans le dernier mois qui précède la maturation. Des expériences nombreuses d'Isidore Pierre ont montré que pendant ce court intervalle de temps, les tiges et les feuilles du blé, par exemple, perdent, au profit de l'épi, les deux tiers de leur azote.

CONSÉQUENCE PRATIQUE. — *Récolte des plantes fourragères.* — Les graines épuisant la tige et les feuilles qui forment la base des fourrages, ces derniers doivent donc être récoltés à l'époque où les plantes fleurissent ou peu de temps après ; un faible retard suffit pour que certaines graines arrivent à maturité, et comme elles tombent sur le sol pendant la fenaison, le foin récolté perd une grande partie de sa valeur nutritive ; il présente, en outre, l'inconvénient d'être plus dur et plus difficile à triturer par les animaux. Le seigle d'hiver, par exemple, coupé comme fourrage, contient en moyenne 9,8 p. 100 de matières azotées, tandis que, parvenu à sa maturité (abstraction faite des graines qui, nous l'avons déjà dit, se perdent presque toujours par suite des manipulations auxquelles on soumet les fourrages), il en contient environ 2 p. 100.

Maturation des graines. — A l'approche de la maturité, le *funicule* se dessèche progressivement et empêche la sève d'arriver jusqu'à la graine. Celle-ci laisse échapper une partie de l'eau qu'elle contient et diminue de volume. En même temps, son tissu se consolide et change de couleur ; vert à l'origine, il devient généralement blanc.

Comme on le voit, la graine se suffit à elle-même lorsqu'elle est sur le point de mûrir; la plante ne lui apporte plus de matières nutritives : elle lui sert simplement de support.

Époque des moissons. — Les cultivateurs attendent presque toujours que les graines des céréales soient complètement mûres pour en faire la récolte ; ils perdent ainsi bien souvent un temps extrêmement précieux. On doit commencer la moisson de bonne heure, lorsque le grain a pris une consistance pâteuse ; les gerbes mises en moyettes mûrissent aussi bien leurs épis que si les chaumes étaient encore fixés au sol.

Les graines de semences, au contraire, doivent être récoltées à leur complète maturité.

LES GRAINES FRAICHES. — La maturité dont nous par-

lons en ce moment est la *maturité externe* ou *maturité morphologique*. Nous savons déjà qu'elle précède parfois la *maturité interne* ou *maturité physiologique* (Voy. p. 91). Les semences mûres de l'aubépine, des arbres à noyau, du cerfeuil bulbeux, par exemple, commencent à germer un ou deux ans seulement après la récolte.

Nous appelons *semences fraîches* ces semences bien vivantes, parfaitement constituées, à tégument perméable à l'eau, qui se refusent à germer les premiers temps qui suivent la récolte. Pour les conserver sans que leur vitalité s'altère, on les stratifie.

Stratification des graines. — En outre des graines fraîches dont nous venons de parler, on stratifie les semences qui perdent rapidement leur faculté germinative, telles que les glands, les châtaignes, les marrons, etc., et les graines entourées d'un noyau dur et osseux.

La stratification est une sorte de semis provisoire qui permet de déposer dans le sol des graines bien conservées et qui entrent immédiatement en activité, au lieu d'y sommeiller souvent pendant plusieurs années.

Les graines entourées d'un péricarpe charnu doivent en être débarrassées avant la stratification ; les fruits étant abandonnés à eux-mêmes, le péricarpe entre en fermentation et par un lavage énergique, on sépare les graines de la pulpe. En Normandie, les marcs des pommes employées à la fabrication du cidre, sont déposés dans un lieu sec, et par un criblage, on en extrait les pépins.

Les graines ainsi préparées, sont mélangées avec du sable fin ou de la terre légère, plutôt sèche qu'humide ; en plein air, sur un sol légèrement exhaussé, on en forme un tas conique (*fig.* 290) qui est recouvert d'une couche de terre d'environ 0m,50 d'épaisseur ; par-dessus, on applique une légère couche de paille ; au sommet du monticule, on renverse un pot de terre, qui retient les brins de paille et empêche l'eau de pénétrer ; enfin,

autour de cette butte, on creuse un fossé circulaire. Toutes ces précautions empêchent l'eau de pluie et la gelée de pénétrer jusqu'aux graines.

Si l'on n'a que peu de graines à stratifier, on les place, après les avoir mélangées avec du sable, dans un pot enterré de telle sorte que ses bords affleurent exactement au niveau du sol : on recouvre ensuite de terre et de paille comme précédemment.

Quand on pratique des semis stratifiés dans une serre, un cellier où la température est élevée, les graines de quelques espèces germent rapidement, et l'on est obligé de les mettre en place d'une manière définitive avant la fin des gelées de printemps ; il arrive alors que celles-ci les détruisent complètement.

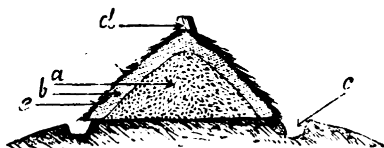


Fig. 290. — Tas de graines stratifiées.

a, graines mélangées de sable ; *b*, couverture de terre ; *c*, couche de paille ; *d*, pot de terre renversé ; *e*, rigole circulaire.

Les amandes, les noix développent parfois leur radicule pendant la stratification. Au moment de les mettre en place, on en coupe l'extrémité avec les ongles, afin d'obtenir un plant pourvu d'une racine ramifiée et non pivotante.

Place occupée par les meilleures graines. — S'il est vrai, comme nous l'avons dit (p. 89), que les semences les plus lourdes sont supérieures aux autres, il est intéressant, dans une plante donnée, de déterminer la place qu'elles occupent. En notant, d'une part, la date à laquelle les fleurs s'épanouissent (anthèse), et, d'autre part, le poids des graines correspondantes, on constate que *les premières fleurs fournissent les graines les plus lourdes, et les dernières, les plus légères.*

Pour déterminer la situation des meilleures graines, il suffit donc d'observer l'ordre d'apparition des fleurs.

Voici, pour un épi de blé, les chiffres relevés à la Station d'essais de semences de l'Institut agronomique (1):

Fleurs ouvertes les.......	*10*	*11*	*12*	*13*	*15* juillet *1891*.
Poids moyen des grains correspondants........	43	41	38	33	28 milligrammes.

Le poids moyen des grains va progressivement diminuant.

Nous savons que dans une touffe de blé, les épis sortent successivement ; si la règle que nous venons de formuler est exacte, l'épi sorti le premier, épi n° 1 (épi maître ou maître-brin), fournira des grains plus lourds que l'épi n° 2, celui-ci, des grains plus lourds que l'épi n° 3 et ainsi de suite.

Dans une grosse touffe, les épis apparus les derniers, les *tardillons*, ainsi que les désignent les cultivateurs, ne produisent plus que du grain avorté. C'est ce qui ressort des chiffres suivants se rapportant à une touffe de 5 talles.

Épis nos.............	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
Date de l'épiaison.....	7	8	8	21	28 juin.
Poids moyen d'un grain	34	31	26	17	12 milligrammes.

Notons de plus que le poids des épis décroît dans le même sens que celui des grains :

Épis nos...............	*1*	*2*	*3*	*4*	5
Poids des grains qu'ils renferment..........	2gr005	1gr235	1gr005	0gr490	0gr220

De ces observations, il ressort que *les plus beaux épis renferment les plus beaux grains*. Récolter les premiers à part, ou bien extraire les plus gros grains à l'aide de cribles appropriés, sont deux opérations qui conduisent au même résultat.

Avant de livrer le blé au moulin, les cultivateurs devraient le soumettre à un criblage très énergique et employer comme semences les grains les plus gros.

(1) Schribaux, *Contribution à l'amélioration des plantes cultivées* (Comptes rendus, 1892).

Cette pratique ne causerait aucun préjudice au meunier, les grains les plus gros étant les plus pauvres en gluten, la matière la plus précieuse de la farine.

Dans le blé, les premières fleurs apparaissent au milieu de l'épi, c'est donc là qu'il faut aller chercher les plus gros grains.

Dans l'avoine, la floraison commence au sommet de la panicule et se poursuit progressivement vers la base (floraison *basipète*) : c'est donc au sommet qu'on trouve les grains les meilleurs.

Dans la betterave, dans le chou et autres Crucifères, dans le sainfoin et dans la plupart des autres Légumineuses, la floraison se poursuit de la base de l'inflorescence au sommet (floraison *basifuge*); il n'est pas rare que les fleurs terminales avortent complètement.

Le choix, comme semences, des graines les plus lourdes, constitue un progrès réel sur les habitudes ordinairément suivies ; il ne faut pourtant pas en exagérer l'importance : c'est une méthode de sélection très pratique, à la portée de tous les cultivateurs, mais qui ne laisse point d'être imparfaite. La plupart des gros grains, en effet, ont bénéficié d'une suralimentation de la plante mère ; ils fournissent une génération de plantes vigoureuses, ce qui est sans doute un résultat déjà très appréciable, mais leur influence ne se fera pas sentir sur les générations suivantes ; autrement dit, les caractères qui nous les font remarquer, ne sont pas héréditaires ; ceux qui les transmettront à leur descendance et qui représentent les meilleurs étalons, sont l'infime minorité ; il faudrait poursuivre des expériences culturales pour arriver à les découvrir. Ces expériences de sélection méthodique, très longues et très délicates, ne peuvent guère être entreprises avec fruit dans une exploitation.

CHAPITRE IX

CONSERVATION DES MATIÈRES VÉGÉTALES A L'ÉTAT DE VIE LATENTE

Chez la plupart des produits végétaux conservés dans nos greniers et dans nos caves, la vie n'est pas suspendue, mais simplement ralentie. On dit qu'ils vivent à l'état de *vie latente*. Quel que soit l'aspect sous lequel ils se présentent, qu'il s'agisse de blé, de pommes, d'oignons ou de betteraves, les altérations qui les menacent reconnaissent deux causes principales :

1° La *respiration* des cellules qui les composent;

2° L'invasion d'*organismes* dont les germes sont apportés par l'air.

Pour être efficaces, les méthodes de conservation doivent donc tendre vers un double objectif : atténuer la respiration, et prévenir le développement des germes nuisibles.

Ces méthodes relèvent de principes physiologiques trop peu connus des agriculteurs, et dont nous devons d'abord dire quelques mots.

1° Les cellules qui respirent, absorbent de l'oxygène qui se combine à du carbone et à de l'hydrogène empruntés à leur propre substance, pour former de l'eau et de l'acide carbonique; par conséquent, elles diminuent progressivement de poids, leur valeur utile va donc constamment en s'abaissant.

Les pertes de substance liées à la respiration sont très variables; elles augmentent :

Avec la *teneur en eau* de la matière vivante : la respiration d'une pomme est infiniment plus active que celle d'un grain de blé;

Avec la *température*; l'expérience montre en outre

qu'une *température variable* est plus nuisible qu'une température uniforme.

L'*éclairement* et le *renouvellement de l'air* agissent dans le même sens ; la respiration est plus active à la lumière et à l'air libre que dans un flacon bouché et maintenu à l'obscurité.

L'influence de l'humidité et celle de la température, l'emportent de beaucoup sur toutes les autres : *ce sont par conséquent les deux agents dont il importe avant tout de se préoccuper*.

Quand on peut, sans inconvénient, sécher la matière vivante, ou la maintenir au voisinage de 0°, les phénomènes respiratoires sont presque complètement abolis, de sorte que les pertes de substance deviennent insignifiantes. Dans ces conditions, le problème de la conservation se trouve complètement résolu.

Les fruits les plus délicats se conservent pendant des mois en les maintenant dans des chambres refroidies par des machines frigorifiques (1). Nous avons conservé à la Station d'essais de semences des pommes de terre destinées à être plantées à la fin de juillet pour la production de primeurs dans une cave maintenue à 2-4°, et nous avons obtenu d'excellents résultats (2). Ces procédés de réfrigération pourraient être également appliqués aux grains, mais on préfère, après les avoir desséchés, les enfermer dans des *silos*, grands récipients métalliques hermétiquement clos.

Nous savons que l'*eau de constitution* du grain ne représente qu'une fraction très faible de l'eau qu'il renferme, et que la dessiccation peut être poussée très loin sans inconvénient.

2° Le développement des organismes inférieurs est soumis aux mêmes influences que la respiration : en luttant contre l'une, on lutte également contre les autres ; il n'y a donc pas lieu de nous y arrêter davantage.

(1) *Almanach des Jardiniers au XXe siècle*, par J. Nanot, 1903.

(2) Schribaux, *Bulletin de la Société nationale d'agriculture*, février 1903.

Ces principes posés, passons rapidement en revue les méthodes de conservation usitées pour la conservation des fruits secs et des graines, et pour la conservation des fruits charnus et des racines ; nous laissons de côté les méthodes de séchage artificiel et de réfrigération que nous venons de mentionner, méthodes qui ne sont pas à la portée des agriculteurs.

Fruits secs et graines. — Prenons le blé comme type des produits de cette catégorie. Le cultivateur le dessèche à l'air le mieux possible, puis le met en tas dans les greniers.

A partir de ce moment, il faut le défendre contre l'humidité extérieure et saisir toutes les occasions qui se présentent d'en réduire encore la teneur en eau. Une fois bien sec, le grain se montre si peu sensible à l'action des agents énumérés plus haut, que, pratiquement, il n'y a pas lieu d'en tenir compte.

Les fruits secs et les graines sont des hygromètres très sensibles ; placés dans l'air humide, ils absorbent de la vapeur d'eau ; dans de l'air sec, ils en perdent ; en en déposant une poignée sur le plateau d'une balance sensible et en faisant la tare, on peut suivre ces variations de poids : déjà, au bout de quelques instants, l'équilibre est rompu.

En passant d'un milieu sec dans un milieu saturé d'humidité, un blé étalé en couche mince peut très bien absorber 3 p. 100 de son poids d'eau dans l'espace d'une journée. Toutefois, la quantité d'eau absorbée n'est jamais suffisante pour permettre au grain d'entrer en germination. Si elle se produit quelquefois, c'est que des variations brusques de température ont déterminé des condensations à sa surface.

De ce qui précède, nous concluons que les meilleurs greniers sont les plus secs, ceux dont la température se maintient uniforme, où l'on peut à volonté renouveler facilement l'air, ou bien l'empêcher de pénétrer.

On ferme le grenier par un temps humide ; on l'ouvre, au contraire, et l'on détermine des courants d'air éner-

giques, lorsque, en consultant l'hygromètre et le thermomètre — deux instruments indispensables dans les greniers et les celliers — on constate que l'air extérieur est beaucoup plus sec que l'air intérieur. Ces précautions ne sont pas les seules que l'on doive prendre. Le grain étant mauvais conducteur, la chaleur dégagée par la respiration s'y accumule lorsqu'il forme des tas un peu épais; d'autre part, le grain transpire et la vapeur d'eau qu'il émet ne tarde pas à saturer d'humidité l'atmosphère intérieure de la masse; dans ce milieu, à la fois chaud et humide, les germes de moisissures déposés à la surface du grain se développent et lui communiquent une odeur qui le déprécie ; si ces conditions se prolongeaient, les microbes destructeurs, à leur tour, commenceraient bientôt leur œuvre malfaisante.

Le *pelletage* conjure ce danger en *séchant* le grain et en le *refroidissant* ; dans l'exécution des pelletages, il faudrait toujours se régler sur la température et déplacer le grain seulement lorsqu'elle s'élève de quelques degrés au-dessus de celle du grenier.

Des cheminées d'appel, formées de tuyaux de drainage assez nombreux placés bout à bout et disposés verticalement, reliés à d'autres tuyaux reposant sur le sol, pourraient dispenser des opérations de pelletage. Mais alors le renouvellement de l'air du grenier devrait être très fréquent.

En résumé, *pour conserver les fruits secs et les graines, il faut les sécher intérieurement et les tenir secs extérieurement.*

Fruits charnus. — Poires, pommes et raisins sont les principaux fruits de garde. On prolonge de plusieurs semaines la saison des cerises et des groseilles, en les entourant simplement de paillassons ou de grosses toiles un peu avant maturité complète.

Nos fruits ont été cueillis bien secs et avec grand soin, un peu avant l'arrivée de l'hiver, alors qu'ils ne grossissent plus sur l'arbre; la moindre meurtrissure est une porte

ouverte aux organismes inférieurs qui trouvent dans le jus du fruit un milieu de culture éminemment favorable. Remarquons immédiatement qu'un fruit gâté altère ceux avec lesquels il se trouve en contact; la première précaution à prendre est donc d'isoler les fruits les uns des autres, et mieux encore de les envelopper de papier.

Nous avons défini les conditions auxquelles doivent satisfaire les fruits, déterminons celles que doit réunir le fruitier.

Les termes du problème ne sont plus tout à fait les mêmes que pour les fruits secs.

Nous nous trouvons en présence de produits très altérables, en raison d'abord de leur *grande richesse en eau*, qu'il nous faut bien respecter, si nous ne voulons pas en modifier les qualités essentielles; leur altérabilité tient encore à leur *composition chimique*; les jus de fruits, avons-nous dit, sont des milieux de culture éminemment favorables au développement des moisissures et des microbes.

D'autre part, nous ne demandons plus seulement aux fruits de garde qu'ils soient exempts d'altérations; ils doivent être bien *turgescents* et avoir acquis leur maximum de *saveur*.

Des fruits ridés ne sont pas aussi appréciés que ceux qui ont conservé l'apparence de fruits nouvellement récoltés; les fruits frais n'ont pas toujours acquis la saveur qui les fait rechercher des gourmets.

Ce sont des oxydations liées aux phénomènes respiratoires qui développent le parfum des fruits.

Au voisinage de 0°, température réalisée dans les installations frigorifiques, un fruit se conserve très bien, mais c'est au détriment de la qualité, il ne se *fait* pas; à une température élevée, il *passe* trop vite; c'est donc entre ces deux extrêmes que se trouve la solution; les magnifiques chasselas de Thomery récoltés depuis des mois, que nous admirons dans les concours agricoles, ont séjourné tout l'hiver dans des locaux où la température oscille autour de 6-8°.

Nous savons que les variations de la température et l'éclairement exaltent la respiration ; les fruitiers seront construits de façon que l'influence de la température extérieure s'y fasse sentir très lentement et que la lumière y pénètre faiblement.

Il est à peine besoin d'ajouter que les fruits doivent s'y trouver à l'abri de la gelée.

Ceux-ci transpirent et se rident en perdant de l'eau ; on pare à cet inconvénient en les maintenant dans une



Fig. 291. — Entonnoir en zinc à bords très élargis, où l'on dépose le chlorure de calcium ; en dessous se trouve le récipient qui reçoit le chlorure dissous.



Fig. 292. — Sarment de vigne portant deux grappes de raisin, et plongé à son extrémité inférieure dans un flacon contenant de l'eau.

atmosphère un peu humide ; l'hygromètre doit marquer de 40 à 50 degrés.

Si l'humidité se condensait à la surface du grain par suite d'un abaissement brusque de température, les fruits se piqueraient et *moisiraient*. Aussi, doit-on surveiller de près et la température et l'état hygrométrique de l'air, afin de prévenir pareil danger.

Pour enlever l'excès d'humidité, on place dans un vase de zinc (*fig.* 291) un sel déliquescent, du chlorure de calcium. Le chlorure dissous est conservé ; par

évaporation, on en retire le sel qui peut être employé à nouveau.

A Thomery, des sarments garnis de deux ou trois grappes (*fig.* 292) sont introduits dans de petits flacons remplis d'eau, à laquelle on ajoute quelques cuillerées de charbon ; on empêche ainsi le liquide de se putréfier. La section du sarment exposée à l'air, est recouverte de cire à cacheter. Dans ces conditions, les grains restent turgescents et la rafle du raisin conserve même sa couleur verte.

En résumé, *un fruitier doit être peu éclairé, maintenu à une température constante, voisine de 6-8°, posséder une atmosphère un peu humide, sans être jamais complètement saturée.*

Dans les exploitations, une cave ou un cellier bien sains servent de fruitier, mais, quand les fruits sont l'objet d'un commerce important, il devient indispensable de recourir à une construction spéciale. La figure 293 représente un type de fruitier bien compris.

Pour l'emplacement, on choisit un terrain sec exposé au nord ; comme matériaux de construction, on emploie des pierres et des briques creuses (des pierres pour les fondations seulement); les murs, de faible épaisseur, sont doubles et laissent entre eux un intervalle de $0^{m},50$; une épaisse couverture de chaume abrite la construction.

Les ouvertures de chaque enceinte, toutes de faible dimension, sont fermées par des volets doubles qui joignent parfaitement. Le sol du fruitier est formé par un plancher situé à 1 mètre ou $1^{m},50$ au-dessous du sol extérieur. Le matelas d'air emprisonné entre les deux murs joue le rôle d'isolant ; s'il en est besoin, entre les deux enceintes, on pulvérise de l'eau sur les murs et l'on détermine des courants d'air énergiques qui abaissent la température.

Jusqu'à $1^{m},50$ du sol, les fruits isolés les uns des autres reposent sur des tablettes horizontales formées de lattes non jointives ; à une hauteur plus grande, les tablettes sont remplacées par des gradins (fig. 294).

Le fruitier est visité fréquemment, afin d'enlever les fruits qui commencent à se gâter, et de s'assurer que

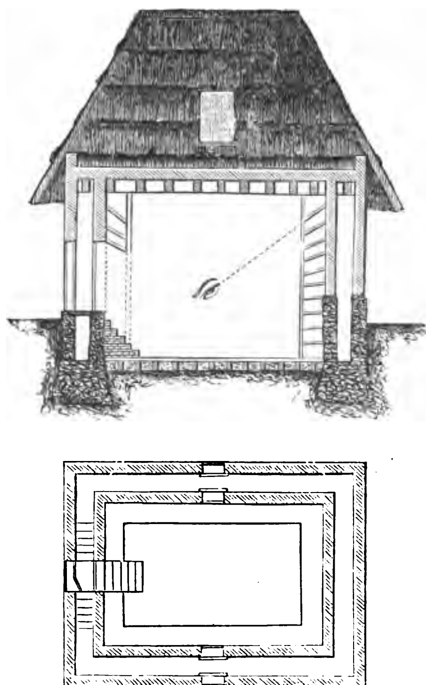


Fig. 293. — Coupe verticale et plan d'un fruitier.

l'air intérieur se trouve dans de bonnes conditions de température et d'humidité.

L'atmosphère intérieure se charge peu à peu d'acide carbonique dégagé par les fruits et tend à devenir asphyxiante. Il est indispensable de la renouveler dès qu'une bougie s'y maintient difficilement allumée.

Avant d'emmagasiner les fruits, il faut, tous les ans, opérer le nettoyage complet du fruitier, aérer énergique-

ment pendant plusieurs jours et enfin avoir soin d'*asep-tiser* complètement le local pour détruire tous les germes de champignons qui peuvent s'y rencontrer. Dans ce but, on pulvérise sur les parois, les tablettes, le plafond et le plancher, une solution de sulfate de cuivre à 3 p. 1000; en outre, on fait brûler dans le local quelques mèches soufrées.

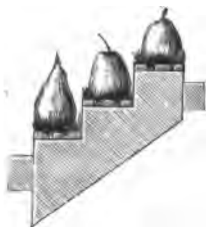


Fig. 294. — Tablette inclinée dont les gradins, larges de $0^m,15$, sont formés de trois lattes non jointives.

Racines, tubercules et bulbes. — Pour des raisons sur lesquelles nous n'avons plus à revenir, il faut les récolter bien mûrs, éviter les meurtrissures, les emmagasiner bien secs après avoir éliminé ceux qui sont altérés ou simplement suspects.

Les betteraves-mères analysées et autres produits de sélection, les bulbes de plantes précieuses sont l'objet de soins aussi attentifs que les fruits charnus.

Remarquons toutefois que l'épiderme de ces produits étant moins délicat que celui des fruits, quand on ne peut conserver les plants isolément, on les noie dans du sable fin ou de la terre sans avoir à redouter les meurtrissures.

Des hangars, ouverts de tous côtés, sont particulièrement recommandables pour la conservation de grandes quantités des matières qui nous occupent.

A ces hangars, qui peuvent être construits très économiquement, on ne demande pas autre chose que de mettre la récolte à l'abri de la pluie.

Celle-ci reste exposée à l'air aussi longtemps que la gelée n'est pas à craindre; quand les froids surviennent, on la recouvre de paille ou mieux de roseaux, de sarments qui constituent des isolants parfaits, tout en laissant monter assez facilement l'air chaud qui se dégage de la masse. Ces seules précautions permettent déjà

d'obtenir des résultats beaucoup plus parfaits que dans les celliers et dans les silos recouverts de terre établis à l'air libre; mais il ne faudrait pas s'en tenir là; un thermomètre enregistreur placé au centre du tas, apprend en effet que la température s'y maintient plus élevée qu'à l'extérieur : l'écoulement de l'air échauffé par la respiration n'est donc pas assez actif; on y remédie aisément en ouvrant dans l'axe du hangar une tranchée mesurant environ 1 mètre de largeur et 1 mètre de profondeur; sur cette tranchée qui se prolonge de quelques mètres des deux côtés du hangar, on applique un plancher à claire voie ou des rondins rapprochés laissant entre eux un intervalle aussi grand que le permettent les matières qu'ils doivent supporter; tous les 4 mètres environ, on dresse verticalement des cheminées d'appel sur le plancher, cheminées ayant la forme de prismes creux fabriqués avec de petites lattes fixées sur des cadres triangulaires.

En orientant le hangar dans la direction des vents régnants, ceux-ci aspirent l'air chaud, et font en même temps pénétrer de l'air froid et par les tranchées et par les cheminées; des thermomètres-sondes, enfoncés de temps en temps dans la masse, renseignent sur la température intérieure; si c'est possible, il faut la faire tomber jusqu'à 2-4° : notons toutefois qu'à cette température, les pommes de terre deviennent sucrées et désagréables au goût. C'est un inconvénient seulement pour celles qui doivent être livrées à la consommation. Pour brûler ce sucre, il suffit de les tenir pendant quelque temps dans un local à la température de 15-20°.

Dans les celliers, comme dans les silos exposés à l'air libre, on ne se préoccupe pas assez de prévenir l'élévation de température des récoltes qu'on y emmagasine; de là des pertes souvent très importantes; en s'inspirant des indications sommaires que nous venons de donner à propos de la méthode de conservation sous des hangars ouverts, on arriverait aisément à atténuer le mal dans une très large mesure.

Conservation des pommes de terre. — La composition de la pomme de terre, la couche de liège qui l'enveloppe en font un produit beaucoup moins délicat que les betteraves, les carottes ou les oignons. De l'automne au printemps, les pertes d'amidon sont insignifiantes si on les compare aux pertes en sucre de la betterave par exemple. Mais les pommes de terre s'épuisent rapidement à partir du moment où elles sortent de leur état de vie latente.

Cette notion a conduit M. Schribaux à recommander un procédé de conservation très simple, s'appliquant seulement aux pommes de terre de consommation.

Au mois de mars, quand les bourgeons commencent à sortir, on les détruit à l'aide d'un couteau pointu, ou mieux en se servant d'un porte-plume armé d'une plume retournée qui agit comme une gouge ; un ouvrier peut traiter dans sa journée environ 150 à 200 kilogrammes de *Hollande* ou de *Magnum bonum*, variétés qui se prêtent très bien à ce traitement, à cause de leurs yeux superficiels. Pour de grandes quantités, on s'adresse à un procédé chimique : les pommes de terre sont plongées pendant dix à douze heures dans de l'eau aiguisée d'acide sulfurique. Au niveau des yeux, la peau étant plus délicate que sur le reste du tubercule, le liquide caustique a déjà pénétré à quelques millimètres et détruit la vitalité du bourgeon avant que le reste du tubercule ait subi la moindre altération.

Sur la section transversale d'un tubercule qui vient d'être traité, le tissu qui avoisine l'œil présente une couleur grisâtre tranchant avec celle du tissu sain. Si nous abandonnons ensuite la pomme de terre, entre le tissu mortifié et le tissu sain, il se forme une couche de liège qui cicatrise la blessure ; en attendant que la cicatrisation soit complète, il est nécessaire d'étaler les pommes de terre dans un endroit sec, afin d'empêcher les germes des moisissures et des microbes qui se trouvent à la surface du tubercule, de pénétrer par la

blessure. Une fois cicatrisée, le liège leur oppose une barrière infranchissable ; on peut dès lors transporter les tubercules à la cave.

Nécessairement, la concentration de la solution ne doit pas être uniforme, puisque l'épaisseur et la résistance de la peau des pommes de terre changent d'une variété à l'autre et, dans une même variété, suivant les conditions qui ont présidé à la végétation.

Une concentration de 1 p. 100 suffit ordinairement pour les pommes de terre potagères; on la porte à 2 p. 100 pour les pommes de terre de grande culture dont la peau est beaucoup plus épaisse.

Avant de traiter de grandes quantités, on opère d'abord, à titre d'essai, sur une vingtaine de tubercules; on détermine ainsi très facilement la meilleure concentration pour chaque cas particulier.

Le liquide est placé dans des récipients en bois ; il est si dilué qu'il n'attaque ni le bois ni les vêtements ; on pourrait même en boire impunément ; c'est dire qu'il ne faut nourrir aucune crainte à l'endroit du procédé indiqué (1).

Conservation des topinambours. — Rien de plus altérable que le topinambour, aussi le laisse-t-on en place pour le récolter tout l'hiver au fur et à mesure des besoins.

C'est là un sérieux inconvénient et une des raisons qui empêchent beaucoup d'agriculteurs d'introduire cette excellente plante dans leur assolement. M. le Dr Cathelineau nous a signalé un procédé qu'il applique avec grand succès depuis quelques années dans sa propriété de Maine-et-Loire, où le topinambour entre dans la ration de tous les animaux de la ferme, dans les rations des chevaux, aussi bien que dans celles des bêtes à cornes et des porcs (2).

(1) Schribaux, *Nouvelle méthode de conservation des pommes de terre* (*Journal d'agriculture pratique* et *Journal de l'agriculture*, 1894).

(2) Dr Cathelineau, *Conservation des topinambours* (*Bulletin de la Société nationale d'agriculture*, février 1903).

Quand les premières gelées ont complètement noirci les feuilles de la plante et arrêté la végétation, c'est-à-dire dans les premiers jours de novembre, un ouvrier coupe les tiges à 0m,30 de hauteur. A ce moment, les tubercules sont fixés solidement à la tige, de sorte qu'en tirant sur celle-ci, on arrache la touffe entière ; comme il ne reste plus de topinambours dans le sol, l'on n'a pas à craindre de voir les récoltes suivantes salies par les tubercules oubliés ; c'est encore un des avantages de la méthode préconisée par le Dr Cathelineau.

Les touffes, avec la terre qui les enveloppe, sont transportées tout près des bâtiments de la ferme pour être ensilées à l'air libre. A cet effet, sur l'emplacement du silo, on creuse une tranchée de 0m,40-0m,50, au fond de laquelle des fagots sont placés côte à côte ; dans l'axe du silo, tous les 6 mètres environ, on dresse un fagot destiné à servir de cheminée d'appel. On dépose sur les fagots une couche de topinambours, puis une couche de la terre extraite du silo, ensuite une nouvelle couche de topinambours et ainsi de suite. Le tas est alors recouvert de 0m,40 de terre. Noyés dans la terre, les tubercules se conservent parfaitement. Cette méthode ne doit pas être appliquée aux tubercules de semence; ceux-ci passent l'hiver en terre et sont arrachés au moment de les employer.

Signalons encore comme mode de conservation des fruits et des légumes, la dessiccation, qui, depuis quelques années, est pratiquée dans un grand nombre de pays, où elle donne de très bons résultats. On tente en ce moment de l'appliquer en grand à la conservation des topinambours, des pommes de terre, etc. (1).

(1) J. Nanot, *Du séchage des fruits et des légumes*, Librairie agricole.

CHAPITRE X

AMÉLIORATION DES ESPÈCES CULTIVÉES L'INDIVIDU ET LA VARIATION

Le cultivateur n'a pas, comme l'ingénieur, la ressource d'agir directement sur les organes et sur le fonctionnement des machines vivantes qui font l'objet de son industrie. Mais il est une force toujours active qu'il peut diriger en vue de leur amélioration : nous voulons parler de la *variation*.

Nous avons été élevés dans l'idée que les plantes sont essentiellement stables, et que l'apparition d'un caractère nouveau appelle nécessairement une explication.

Cette notion fausse de la stabilité des formes vivantes, vient de notre habitude d'envisager en bloc les individus qui composent ce qu'on appelle l'espèce.

« Les anciens naturalistes concevaient l'espèce comme l'unité dans la nature, et nous n'avons pas encore dominé l'habitude d'esprit qui était née de cette erreur. La nature ne connaît rien de l'espèce, elle a affaire à l'*individu*, l'unité ultime. Cet individu, elle le pétrit et l'accommode aux accidents du milieu (1). »

Pour serrer de près le problème de l'amélioration des espèces végétales, et arriver sûrement et rapidement à une solution satisfaisante, il faudrait imiter les procédés de la nature, débuter par une analyse attentive et raisonnée des caractères de l'individu. Le sélectionneur s'affranchit ordinairement de cette étude préalable; aussi sa marche en avant est-elle très lente et très incertaine.

(1) L.-H. Bailey, *La production des plantes*, traduction de J.-M. et E. Harraca.

Pourquoi la zoologie est-elle née avant la botanique, et le perfectionnement des races animales a-t-il précédé celui des races végétales? Parce que l'étude individuelle de l'animal s'impose à l'homme, tandis que pour la plante, un effort devient nécessaire afin de l'isoler de la foule dans laquelle elle se perd et en découvrir les particularités intéressantes. Les céréales, les plus répandues de nos plantes cultivées, et vraisemblablement aussi les plus anciennes, les plantes fourragères, toutes celles enfin qui, dans nos champs, s'enchevêtrent et se confondent, ne sont pas arrivées au degré de perfection des plantes de nos jardins, de nos vergers et de nos vignobles, qu'il est facile d'observer individuellement.

Quand on examine attentivement les unités qui composent un groupe naturel d'êtres vivants, on leur trouve les plus grandes ressemblances, mais la similitude ne va jamais jusqu'à l'identité. Il n'existe pas deux êtres entièrement semblables. Nous constatons des différences, on dit des *variations*, lesquelles constituent leur *individualité* et nous permettent toujours de les distinguer l'un de l'autre.

Si la variation est assez accentuée, la plante chez laquelle on la remarque peut devenir la souche d'une nouvelle *variété*.

Une plante est une collectivité et non pas une individualité. — Nous savons que la plante se morcelle et donne naissance, par la multiplication artificielle, à autant de pieds semblables au pied mère qu'elle est susceptible de produire de bourgeons. Les opérations de taille notamment, nous apprennent que dans un arbre, les rameaux insérés les uns sur les autres luttent pour l'existence et s'affament réciproquement, exactement comme des plantes indépendantes.

Une plante doit donc être envisagée comme une *collectivité* où chaque individu est représenté par un *bourgeon*. Par conséquent, dans la recherche des variations, nos observations ne doivent pas seulement porter sur l'ensemble d'une plante ; elles doivent être

poussées plus loin et s'exercer successivement sur les axes de différents ordres et même sur chaque bourgeon (1).

La variation une fois produite, il s'agit de la conserver et de la rendre héréditaire ; elle est acquise immédiatement et intégralement, quand il est possible de la multiplier par le greffage et les autres modes de multiplication

(1) Quand nous plantons un grain de blé, nous savons qu'il en sort un nombre variable de talles ; une pomme de terre fournit autant de tiges que de bourgeons vigoureux. La touffe de blé, comme la touffe de pomme de terre, se composent d'autant d'individus qu'elles possèdent d'axes partant du sol. On peut assimiler ceux-ci à de véritables boutures qui ont d'abord vécu en commun aux dépens de la semence ; dans la suite, ces axes luttent entre eux pour l'existence, à peu près comme s'ils étaient entièrement indépendants. *Dans les essais comparatifs, soit de variétés, soit de semences de grosseurs différentes, graines ou tubercules, on ne tient pas compte de ce fait capital* ; sur une surface donnée, on emploie, ou bien le *même nombre* de semences, ou bien le *même poids*, et l'on juge de leurs mérites relatifs, par l'importance et la qualité de la récolte. Rien de moins justifié. En y regardant de plus près, on constate que dans ces conditions, tel blé, l'Épi carré par exemple, a livré 200 épis seulement au mètre carré, où le Goldendrop, qui talle beaucoup plus, en a fourni 400 ; il y a de grandes chances pour que celui-ci fournisse les meilleurs rendements et soit classé au premier rang ; vraisemblablement, les ressources alimentaires disponibles dans le sol, auraient pu nourrir un plus grand nombre de talles de la variété Épi carré ; il eût suffi par conséquent d'augmenter la dose de semences pour changer complètement le sens des résultats.

Dans des essais comparatifs, afin d'obtenir, sur une surface donnée, le nombre d'individus qui tirera le meilleur parti des éléments fertilisants du sol, il faut, suivant les variétés, suivant la grosseur des graines ou tubercules, employer des doses variables de semences.

C'est par l'expérience directe, en semant à des quantités croissantes, que l'on arrive à déterminer la dose la plus favorable, on dit la *dose optimum ;* dans chaque série, c'est la meilleure récolte, correspondant à la dose optimum, qui donne la mesure de la valeur des variétés ou des semences employées.

C'est faute d'opérer comme nous venons de l'indiquer, qu'en dépit d'expériences sans nombre, nous possédons sur les mérites relatifs des variétés de grande culture et sur la valeur respective des semences de différents poids, des notions si incomplètes et si souvent contradictoires.

asexuée. Ainsi s'explique la profusion de variétés d'arbres fruitiers, de pommes de terre, de tulipes, etc., au milieu desquelles il devient chaque jour plus difficile de se reconnaître.

Au contraire, la descendance d'une graine est rarement « fidèle au type ». Parfois, dès la première génération, le caractère acquis disparaît sans laisser de trace. Les ajoncs sans épines découverts en Bretagne, que MM. de Vilmorin et Trochu espéraient substituer pour la production fourragère à la variété épineuse, dont les inconvénients sont si nombreux, ont immédiatement perdu le caractère qui les rendait intéressants. Plus ordinairement, la propriété nouvelle se fixe progressivement; elle ne devient héréditaire qu'après plusieurs générations, au cours desquelles on a le soin d'écarter de la reproduction, les individus chez lesquels elle se perd. Le retour d'un certain nombre d'individus à la race originelle est désigné sous le nom d'*atavisme*.

Les diverses sortes de variations. — Les variations étant la source des nouvelles formes végétales, nous allons essayer de déterminer à quelles causes il faut en rapporter l'origine. Nous distinguerons les variations produites par la nature (*variations naturelles*) de celles qui sont provoquées par l'intervention de l'homme (*variations artificielles*).

Il y a très peu de temps que l'homme travaille méthodiquement à la création de nouvelles variétés ; celles qui proviennent de variations naturelles sont encore de beaucoup les plus nombreuses et les plus importantes.

VARIATIONS NATURELLES. — Elles comprennent :

1° Les variations accidentelles;

2° Les variations provoquées par le milieu ;

3° Les variations provoquées par des croisements naturels.

1° *Variations accidentelles*. — Nous désignons du nom de variations accidentelles, celles dont les causes nous échappent : on les appelle encore variations *brusques* ou *discontinues*. Dans le plus grand nombre de cas, la

variation surgit sans que rien ait été changé dans les conditions ambiantes. Sans cause apparente, un individu différent apparaît au milieu de ses compagnons ou de ses frères engendrés au même moment et entourés de conditions identiques. Un double caractère rend ces modifications spontanées particulièrement intéressantes : d'abord, elles sont *héréditaires*, constituent d'emblée des formes nouvelles ; de plus, ces modifications ne sont pas les plus légères, ce sont au contraire les plus *accentuées*.

Pour les variétés sorties de ces variations, le vieil adage, *natura non facit saltus*, la nature ne fait pas de bonds, se trouve en défaut.

Beaucoup de variétés agricoles sortent de variations spontanées : citons d'abord deux excellents blés blancs d'origine anglaise, le *Chiddam* et le *Hunter*.

Un nouveau blé, le *Japhet*, qui se répand aujourd'hui avec une rapidité qui en atteste les mérites, est une variation spontanée du *Noé*.

Sur un pêcher ordinaire produisant des fruits duveteux, on a trouvé un rameau produisant des pêches lisses ou brugnons ; dans une touffe de pommes de terre, il n'est pas rare de rencontrer des tubercules de couleurs différentes.

Au jardin botanique de Munich, il existe un hêtre à feuilles laciniées portant un seul rameau garni de feuilles entières. Ces variations de rameaux ont été le point de départ d'un grand nombre de variétés horticoles.

Il faut bien connaître les variétés existantes pour découvrir les modifications spontanées; autrement, on s'expose à considérer comme nouveautés des variétés anciennes dont les semences ont été introduites par une machine, un sac mal nettoyé ou par toute autre cause accidentelle.

2° *Variations provoquées par le milieu.* — Les plantes cultivées de temps immémorial, qui poussent sous les latitudes les plus différentes et dans les sols les plus variés, telles que le blé, la vigne, vont nous fournir les matériaux les plus précieux, pour apprécier l'influence du

milieu. Chaque région où l'on s'en tient encore aux anciennes variétés locales, possède des blés différents, et dans chacune de ces régions, les blés des bonnes terres ne sont pas les mêmes que ceux des terres pauvres. Nous allons voir que cette multiplicité de variétés n'est pas le fait du hasard, mais relève de lois que nous commençons à pénétrer.

Pour se maintenir, les variétés ont besoin, avant tout, de résister au *milieu non vivant* (température, humidité, lumière) : c'est l'*adaptation* ; il faut en outre qu'elles résistent au *milieu vivant* (animaux, plantes) : c'est ce qu'on a appelé la *lutte pour la vie.*

L'homme est intervenu plus ou moins dans la lutte, en vue de favoriser les variations les plus utiles ou les plus agréables, mais, au moins pour la très grande majorité des plantes de grande culture, il a joué un rôle très effacé dans la création des variétés. Nous sommes surtout redevables de celles-ci à la *sélection naturelle* dont l'adaptation et la lutte pour la vie sont les agents.

Les caractères du milieu s'inscrivent pour ainsi dire dans la structure de la plante, dans sa composition, et dans ses propriétés physiologiques.

La feuille et toutes les parties superficielles étant les plus exposées à l'action du milieu, se modifient avant les parties profondes ; la variation atteint les organes accessoires avant les organes essentiels ; la graine dépositaire des caractères de l'espèce est beaucoup moins malléable que la tige, la racine, la feuille ou la fleur, de sorte qu'elle fournit rarement des caractères suffisants pour la distinction des variétés.

Les plantes se sont pliées si fidèlement au milieu, que les caractères de l'un étant connus, on déduit sans peine les propriétés des autres et réciproquement.

Pour fixer les idées, considérons par exemple les nouveaux blés qui se sont substitués dans le nord de la France, partout où l'on fait de la culture intensive, aux blés de pays qui n'étaient ni assez productifs, ni assez 'sistants à la verse.

Tous ces blés se font remarquer par leurs rendements élevés : ils sortent tous de terres fertiles. Ceux des régions septentrionales (*Poulard d'Australie*, *Dékat*, *Blé à épi carré*, *Goldendrop*, *Chiddam*, *Victoria*, *Teverson*, *Standup*, *Roseau*, etc.), favorisés en outre par un climat régulier qui leur permet de retarder leur maturité, sans qu'il en résulte aucun accident, se placent au premier rang comme productivité.

Plus tardifs que les blés du Midi, travaillant plus longtemps par conséquent, on comprend qu'ils produisent davantage.

Ces mêmes blés du Nord vivent dans une atmosphère humide éminemment propice aux champignons ; ils sont devenus à peu près réfractaires à ces parasites, alors que ceux du Midi (*Noé*, *Bordeaux*, etc.), adaptés à une atmosphère sèche, souffrent grandement des attaques de la rouille et du charbon lorsqu'on les transporte dans la région septentrionale. Le blé de *Riéti*, d'origine italienne, est une remarquable exception ; c'est que la vallée où il a pris naissance n'est pas seulement chaude, elle est humide en même temps, circonstance également exceptionnelle dans les pays méridionaux. Parmi les blés à grands rendements, le *blé d'Alsace* se distingue en ce qu'il supporte les froids rigoureux ; il est le seul aussi qui soit originaire d'une région où les hivers sont rudes.

En Amérique, le phylloxéra exerce ses ravages depuis des siècles : c'est en Amérique que nous sommes allés chercher des cépages résistants pour la reconstitution de nos vignobles ; c'est dans les terres calcaires de l'Amérique, également que nous avons trouvé des porte-greffes résistant à la chlorose et au phylloxéra. En résumé, *tel milieu*, *telle variété*.

Les caractères acquis sous l'influence du milieu présentent ceci de particulier, qu'ils ne deviennent *héréditaires* qu'après un très grand nombre de générations ; on est loin de s'entendre sur la façon dont se fixent les caractères acquis ; il est vraisemblable d'admettre que

les différences dans le sens de la fixité, insaisissables d'une génération à l'autre, vont en s'accentuant, et que la race marche d'un mouvement lent et continu jusqu'à ce qu'elle ait atteint un état d'équilibre définitif correspondant aux conditions ambiantes.

Ce mouvement paraît tellement lent, que le sélectionneur ne doit guère compter sur les caractères acquis, et notamment sur l'influence d'une alimentation abondante pour améliorer les variétés.

Trop souvent, le cultivateur se laisse abuser par ces caractères. Dans un champ de blé, il choisit les plus beaux épis, sans se douter que leur supériorité est due ordinairement à ce qu'ils ont été plus copieusement nourris que leurs voisins. Pour la reproduction, ces épis engraissés ne sont pas plus avantageux que ceux d'apparence plus modeste.

Il n'est guère d'exposition agricole où l'on ne trouve quelques lots de plantes ayant atteint un développement extraordinaire, des betteraves principalement ou d'autres racines lesquelles tolèrent des fumures très intensives. La production de ces plantes monstrueuses est un innocent passe-temps qu'il faut laisser à ceux qui n'ont rien de mieux à faire ; il est cependant permis de regretter qu'il se trouve encore des jurys assez ignorants ou assez faibles pour leur accorder des récompenses.

3° *Variations provoquées par des croisements naturels.* — Il n'est pas rare de rencontrer des variations qui doivent leur origine à des croisements naturels ; dans un champ de collection, réunissant environ 62 variétés de blé, M. Rimpau a pu observer, en quinze ans, 17 métis bien authentiques ; dans un épi de *Hunter* nous avons trouvé récemment un grain issu également d'un métissage naturel. Ces métis se distinguent des plantes sorties des variations spontanées par une instabilité extrême, caractère sur lequel nous reviendrons dans un instant.

Les faits que nous venons de rapporter, relatifs au blé, sont d'autant plus remarquables, que, dans cette céréale, la fécondation directe est considérée comme la règle.

Variations artificielles. — Au lieu d'attendre de la nature des variations nouvelles, nous pouvons en provoquer l'apparition par des *croisements* (Voy. p. 299).

La technique des croisements comporte les opérations suivantes :

1° Suppression des étamines sur la fleur femelle avant leur maturité ;

2° Protection, à l'aide d'un sac de gaze très fine, de la fleur femelle une fois castrée, contre l'apport de pollen étranger, soit par le vent, soit par les insectes ;

3° Pollinisation, c'est-à-dire transport du pollen mûr de la fleur mâle sur le pistil de la fleur femelle ;

4° Protection, toujours à l'aide de gaze, de la fleur fécondée artificiellement contre l'apport de pollen étranger.

Ces opérations exigent simplement une certaine dextérité manuelle ; toute la difficulté réside :

1° Avant le croisement, dans le choix de reproducteurs répondant bien au but que l'on se propose d'atteindre ;

2° Après le croisement, dans le choix des croisés à conserver et à fixer.

Caractères des plantes issues de croisements. — En croisant deux individus, on se propose de fondre dans le produit les caractères des ascendants ; dans le produit de première génération, on observe ordinairement des caractères représentant assez bien la moyenne de ceux des ascendants. Il semble que le but ait été immédiatement atteint. Mais le tableau change à la deuxième génération.

Les produits de croisement forment alors une mosaïque bizarre, un habit d'Arlequin où les caractères des ascendants immédiats et des ascendants éloignés se fondent ou se juxtaposent. Parmi les produits obtenus, les uns retournent au père ou à la mère ; les autres participent des deux à la fois, mais à des degrés divers ; parfois même, il s'en trouve, au moins par quelques caractères, qui ne ressemblent ni au père ni à la mère ; on dit que la variation est désordonnée. En

répétant plusieurs fois la même expérience de croisement, on arrive à des résultats très différents.

Impossible jusqu'à présent de prédire les caractères qui apparaîtront dans un hybride ou dans un métis; cette incertitude a fait dire à Lindley : « L'hybridation est un jeu de hasard joué entre l'homme et les plantes. »

Dans un avenir qui n'est peut-être pas éloigné — les expériences récentes de Mendel, Tschermak, de Vries, Correns autorisent cette espérance — nous connaîtrons sans doute les lois générales qui régissent les phénomènes dont nous nous occupons, et où notre ignorance ne voit actuellement que désordre et confusion.

En face des variations disparates issues de croisements, le sélectionneur se trouve, dès le principe, amené à en éliminer le plus grand nombre, et à ne conserver que celles qui lui paraissent les plus méritantes; des années sont nécessaires ensuite pour arriver à les fixer.

Le blé Dattel, dont nous parlerons bientôt, était fixé au bout de six ans; au bout d'une douzaine d'années de sélection, d'autres blés issus de métissage manquaient encore de stabilité.

A l'aide de croisements raisonnés, les horticulteurs ont réalisé des merveilles; la viticulture est aussi très riche en hybrides qui ont joué un rôle considérable dans la reconstitution de nos vignobles. La grande culture, obligée presque toujours de recourir à la multiplication sexuée, est nécessairement beaucoup moins bien partagée.

Comme hybride authentique de grande culture, nous signalerons celui du ray-grass anglais et de la fétuque des prés : il est fertile; celui du blé et du seigle : il est stérile et ne présente qu'un intérêt de curiosité.

La plupart des nouvelles pommes de terre à grands rendements, parmi lesquelles nous citerons la *Richter's Imperator*, proviennent de croisements méthodiques; nous possédons également quelques bons blés issus de croisements. Nous signalerons seulement ceux qui ont déjà fait leurs preuves : le *Dattel*, le *Bordier*, le blé

Gatellier, le blé *précoce de Rimpau*. Le Dattel est un blé fabriqué pour ainsi dire sur commande. Les cultivateurs de la Brie, très satisfaits de la production en grain du *Chiddam à paille rouge*, lui reprochaient de produire trop peu de paille, défaut sérieux aux environs de Paris, où la paille se vend très cher. M. Henry de Vilmorin eut l'idée de le croiser avec le *Prince Albert*, variété anglaise à paille longue, saine et bien régulière; Le Dattel, issu de ce croisement, possède les qualités essentielles de ses ascendants; son grain blanc est magnifique, pauvre cependant en gluten.

Les minotiers font la guerre aux blés à grands rendements, qu'ils accusent de ne pas contenir assez de gluten; mais comme ils paient le grain, qu'il soit riche ou pauvre, sensiblement au même prix, les cultivateurs ont tout intérêt aujourd'hui à s'adresser aux variétés qui donnent les plus grosses récoltes.

M. Gatellier, à la fois minotier et agriculteur, s'est proposé de créer, par métissage, un blé à la fois prolifique et riche en gluten. Il a croisé l'un des meilleurs blés anglais, le *Goldendrop*, blé de quantité, avec un blé de qualité, le *Crépy*, variété autrefois très répandue et très réputée aux environs de Paris, mais qui a dû être abandonnée à cause de ses faibles rendements.

Le blé *Gatellier* issu de ce croisement, semble avoir hérité des avantages du Goldendrop et du Crépy, c'est une nouveauté qui mérite d'être essayée.

Le *Shirriff's square head* (blé à épi carré) est incontestablement le blé tendre le plus productif; mais il est tardif et exposé à l'échaudage; aussi, en France, nous ne le cultivons que sur de petites surfaces. Rimpau l'a croisé avec un blé américain très hâtif; c'est ainsi qu'il a obtenu l'*hybride précoce de Rimpau*.

Quelques-uns de nos blés à grands rendements sont les uns (*Bordeaux*, *Noé*, *Japhet*) sensibles à la rouille; sauf le *blé d'Alsace*, ils ne supportent pas les hivers rigoureux; enfin on leur reproche encore, avons-nous dit, d'être pauvres en gluten.

Afin de remédier à ces divers défauts, il faudrait, à notre avis, les croiser avec le *Riéti*, riche en gluten et résistant à la rouille, et avec le *blé d'Alsace*, assez productif et remarquablement réfractaire au froid.

Des croisements de nos excellentes avoines noires de Brie, de Beauce, avec les avoines blanches à grands rendements de *Beseler*, de *Ligowo*, sont également indiqués.

Un autre caractère des métis, suivant Darwin (1), serait leur supériorité sur les ascendants directs.

En croisant deux variétés A et B, la descendance du produit A×B l'emporte sur celle de A et de B. Les métis se montrent plus robustes, supportent mieux les effets préjudiciables du froid, de la sécheresse ; ils se distinguent en outre par leur taille comme par leur fécondité ; bref, ils seraient plus rustiques et plus productifs.

De plus, tous ces avantages se conserveraient pendant plusieurs générations. On ne s'explique guère que les observations de Darwin, qui ouvrent des perspectives si encourageantes, soient passées inaperçues des agriculteurs.

Elles autorisent à penser que la pratique raisonnée des croisements pourrait devenir une source de profits. Nous avons en vue, en ce moment, la production des plantes de grande culture, car on sait qu'en horticulture comme en viticulture, les opérations de croisement sont courantes et ont conduit à d'excellents résultats.

L'exposé qui précède montre que, par des voies différentes, on arrive aisément à créer des formes végétales nouvelles. En horticulture, une nouveauté est presque toujours accueillie avec faveur. A ce point de vue encore, l'horticulture possède un avantage considérable sur la grande culture. Celle-ci doit s'arrêter seulement aux nouveautés qui marquent un progrès sur les variétés existantes et constituent une réelle amélioration. Des

(1) Darwin, *Des effets de fécondation croisée.*

expériences comparatives prolongées s'imposent, afin d'obtenir une mesure du perfectionnement réalisé. C'est là que réside toute la difficulté.

Les plantes en observation doivent être placées dans des milieux parfaitement comparables, protégées contre les multiples accidents qui les menacent; il faut en outre les dénombrer, les peser, les mesurer, les analyser et enfin savoir interpréter les résultats de l'expérience.

La sélection méthodique des espèces cultivées est si délicate, elle présente tant de difficultés, qu'elle ne peut être menée à bien que par des spécialistes.

Quand une maison sérieuse offre une nouveauté, le cultivateur doit attendre qu'elle soit tombée à des prix raisonnables, la mettre en concurrence avec celles qui ont fait leurs preuves dans son exploitation; il opérera sur des surfaces très petites, strictement nécessaires pour juger de la résistance aux conditions ambiantes, de la productivité, de la qualité de la nouvelle variété; c'est seulement après plusieurs années d'essais satisfaisants, qu'il faudra l'admettre définitivement en grande culture.

FIN.

TABLE ALPHABÉTIQUE.

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES TERMES ET DES MOTS TECHNIQUES

FIN DE LA TABLE ALPHABÉTIQUE DES TERMES ET DES MOTS TECHNIQUES.

TABLE DES MATIÈRES

DEUXIÈME PARTIE

ÉVOLUTION DES PHANÉROGAMES

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

6449-02. — Corbeil. Imprimerie Éd. Crété.

PLANTES INDUSTRIELLES

Par H. HITIER

Maître de conférences à l'Institut national agronomique

1 vol. in-18 de 548 pages, avec 54 figures

Broché................. 5 fr. | Cartonné.............. 6 fr.

M. Hitier, dont le cours d'agriculture, à l'Institut Agronomique est un des plus suivis, exploite en même temps dans la Somme une culture intensive des plus rationnelles. Son ouvrage réunit donc les qualités maîtresses du théoricien et du praticien.

L'étude documentée et détaillée des plantes industrielles est divisée en plusieurs chapitres concernant la betterave industrielle, la pomme de terre, les plantes oléagineuses, les plantes textiles; enfin les plantes industrielles diverses : topinambour, chicorée à café, houblon, tabac, osier, safran, etc.

M. Hitier montre l'importance agricole et économique de la culture de la betterave à sucre. L'étude du régime législatif et fiscal de cette production établit ensuite l'influence des diverses réglementations depuis la loi de 1884 jusqu'à la promulgation de la Convention internationale du 29 janvier 1903; cette étude est complétée par un examen précis de l'état de la production de la betterave à sucre dans les principaux pays betteraviers.

Les chapitres traitant spécialement de la culture proprement dite, débutent par des considérations botaniques, pour parler de la production de la graine, de la sélection, des variétés de betteraves à sucre; l'étude du climat du sol précède l'établissement des engrais, de la fumure naturelle et des assolements où la betterave à sucre joue un rôle important. La culture proprement dite comprend les semis, espacement des lignes, les binages, démariages, etc. La maturité survient, on procède à l'arrachage en établissant ensuite de judicieux procédés de conservation. Un dernier chapitre traite les accidents, ennemis et maladies de la betterave à sucre.

L'auteur examine successivement la culture de la betterave de distillerie, de la pomme de terre et du nouveau solanum dont la culture récente est suivie si attentivement, le « Solanum Commersonii ».

Les plantes oléagineuses étudiées comprennent le colza, la navette, la caméline, l'œillette; les plantes textiles réunissent dans un même chapitre, le lin et ses variétés, le chanvre; puis viennent les plantes industrielles diverses.

La culture des plantes industrielles exerce une action manifeste sur la révolution progressive de l'agriculture en général; la pratique de la culture de ces plantes fait en quelque sorte l' « éducation des agriculteurs », la culture française accueillera donc avec intérêt ce manuel d'agriculture qui résume d'une façon claire, précise et documentée, les préceptes de ces cultures rationnelles.

INDUSTRIES AGRICOLES
DE FERMENTATION
(Cidrerie, brasserie, hydromels, distillerie)

Par E. BOULLANGER
Chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Lille

1 volume in-18 de 472 pages, avec 66 figures

Broché.................. 5 fr. | Cartonné.................. 6 fr.

Un grand nombre des industries qui utilisent les propriétés vitales des microbes présentent pour l'agriculteur un intérêt capital. En effet, la vinification, la cidrerie, la brasserie, la distillerie, la fabrication des hydromels, des eaux-de-vie, la laiterie, la fromagerie, qui sont de véritables industries de fermentation, sont aussi des industries spécialement agricoles, ou au moins des industries annexes de l'exploitation rurale.

L'ouvrage de M. Boullanger est consacré à la *cidrerie*, la *brasserie*, les *hydromels* et *eaux-de-vie de cidre et de fruits* et à la *distillerie*.

L'introduction comprend les notions générales qu'il est indispensable de connaître sur les fermentations.

La première partie est consacrée à la CIDRERIE, qui est la véritable industrie agricole de fermentation, et qui présente pour le cultivateur un si grand intérêt. On a étudié successivement la production et le commerce du cidre, les matières premières de sa fabrication, la préparation des moûts de pommes, leur fermentation, le traitement du cidre après fermentation, et ses maladies. On traite avec détails l'analyse des moûts et des cidres, afin de donner aux cultivateurs et aux brasseurs les indications nécessaires pour le contrôle de leur fabrication.

La BRASSERIE n'est pas une industrie agricole au sens exact du mot, mais l'agriculteur doit la connaître, car elle utilise ses produits et elle lui livre des résidus pour l'alimentation de son bétail.

On a consacré ensuite un chapitre spécial à la PRÉPARATION DES HYDROMELS, qui constitue une industrie encore susceptible de grands perfectionnements. On a étudié, dans le chapitre suivant, la fabrication des eaux-de-vie de cidres et de fruits, et les rhums.

La DISTILLERIE a été divisée en cinq grandes parties. La première comprend les notions générales sur l'alcool, l'alcoométrie et l'étude des matières premières. La deuxième est consacrée à la préparation des divers moûts sucrés (betteraves, mélasses, grains, pommes de terre). Dans la troisième, on a étudié la fermentation alcoolique de ces moûts, et, dans la quatrième, leur distillation et la rectification de l'alcool produit. La dernière partie a pour objet les résidus de la distillerie et leur emploi dans l'alimentation du bétail.

Précis de Métallurgie (thermométallurgie et électrométallurgie), à l'usage des écoles industrielles d'arts et métiers, des maîtres mineurs, des métallurgistes et des chefs d'ateliers de forge et de fonderie, par H. PÉCHEUX, professeur à l'École nationale d'arts et métiers d'Aix. 1903, 1 vol. in-16 de 446 pages avec 133 figures, cartonné.. 5 fr.

Le Précis de métallurgie de M. Pécheux comprend quatre parties : 1° Principes généraux sur la métallurgie ; 2° Sidérurgie (ou métallurgie de la fonte, du fer et de l'acier) ; 3° Métallurgie des métaux usuels (métaux industriels ; métaux de second ordre ; métaux précieux) ; 4° Alliages industriels.

Dans la première partie, M. Pécheux a traité : du choix et de la préparation des minerais usuels, de leur analyse chimique, du choix et des combustibles employés actuellement ; du choix et de la construction des fours métallurgiques, de la détermination des quantités de chaleur mises en jeu, et des principales machines-outils utilisées pour le travail des métaux.

Dans la 2e partie, l'auteur a développé la fabrication de la fonte, du fer, et des aciers, d'après les données les plus récentes de la Chimie appliquée ; il a exposé aussi les divers modes de travail du fer et de l'acier à toutes les températures, et les moyens à employer pour analyser une fonte, un fer, un acier.

Dans la 3e partie, il a donné les procédés les plus répandus, aujourd'hui, pour l'extraction des métaux de leurs minerais : procédés thermiques et électrothermiques ; — l'affinage chimique ou électrolytique et l'analyse : du minerai, et du métal livré à l'Industrie, ont été développés après la métallurgie de chaque métal usuel, et l'auteur a indiqué les principaux usages de chacun de ces métaux.

M. Pécheux a étudié enfin l'électrolyse appliquée à l'affinage des métaux d'œuvre (cuivre, plomb, zinc argentifères ou aurifères) et indiqué la méthode thermo-électrique servant à la préparation de certains métaux à minerais réfractaires aux fours ordinaires : aluminium, chrome.

Dans la 4e partie, l'auteur a exposé les propriétés essentielles et la fabrication des alliages en général ; mais il a surtout insisté sur les alliages indnstriels (métaux antifriction, bronzes et laitons, maillechort, alliages de soudure et de brasure).

Il a indiqué, pour chaque métallurgie, les proportions dans lesquelles il faut traiter le minerai, le combustible, le réducteur (ou agent chimique de l'élaboration du métal) et le fondant (matière facilitant la séparation du métal, de l'ensemble des matières étrangères apportées par le minerai) : il a, enfin, donné les prix moyens actuels des métaux et des combustibles.

Précis d'Électrochimie et d'Électrométallurgie, par L. GUILLET, docteur ès-sciences, ingénieur des arts et manufactures. 1903, 1 vol. in-16 de 354 pages, avec 78 figures cartonné.. 5 fr.

I. Fabrication des produits chimiques par électrolyse. — Préparation des métalloïdes et de leurs dérivés par électrolyse. — Fabrication de l'hydrogène et de l'oxygène. — Fabrication du fluor. — Fabrication du chlore, de la soude et de la potasse. — Fabrication des hypochlorites et des chlorates alcalins et alcalinoterreux par électrolyse. — Autres produits dérivant des métalloïdes. — II. Electrométallurgie par électrolyse. — Electrométallurgie du cuivre, du zinc, de l'argent, de l'or, de l'étain. — III. Fabrication des dérivés des métaux. — IV. Fabrication des composés organiques.

II. Industries utilisant le four électrique. — I. Préparation des métalloïdes et des métaux avec four électrique. — II. Industrie du carbure de calcium, du carborundum, etc. — III. Fabrication des siliciums et borures. — IV. Fabrication de l'aluminium, du magnésium, du lithium. — V. Etat actuel de l'industrie de l'aluminium, ses débouchés.

III. Application de l'effluve électrique. — Industrie de l'ozone et applications. — Applications industrielles de l'ozone.

IV. Etincelle électrique.

Cours des Marchandises, *les Matières premières, commerciales et industrielles*, par L. GIRARD, professeur à l'Ecole pratique de commerce et d'industrie de Narbonne. 1900, 1 vol. in-16 de 412 pages, avec 246 figures, cartonné .... 5 fr.

De nombreuses écoles, répondant aux besoins multiples et variées de l'enseignement technique, se sont élevées en France, au cours de ces dernières années.

Pour ces écoles nouvelles, des programmes nouveaux, répondant au but poursuivi, ont dû être adoptés : après plusieurs années d'expérience qui leur permirent de bien connaître la nature de ces programmes et l'esprit dans lequel ils doivent être compris, quelques professeurs d'écoles pratiques ont pensé rendre service à leurs élèves en publiant leurs leçons. C'est ainsi que M. Girard, professeur à l'école de Narbonne, vient de publier un *Cours de marchandises*. On y trouvera un exposé clair et complet de toutes les notions indispensables sur les matières premières commerciales et industrielles.

Tous les produits sont étudiés au point de vue de leur origine, de leurs caractères distinctifs, de leurs qualités, de leurs variétés.

Métaux, produits chimiques, engrais explosifs, matériaux de construction, pierres, bois, combustibles, matières grasses, produits de la dépouille, peaux, cuirs, plumes, écailles, ivoire, éponges, corne, gommes, caoutchouc, etc., aliments et médicaments, textiles, papier, matières colorantes.

Les Minéraux utiles et l'Exploitation des Mines, par KNAB, répétiteur à l'Ecole centrale. 1896, 1 vol. in-16 de 392 pages, avec 76 figures, cartonné............... 5 fr.

Dans une première partie, *Gite des minéraux utiles*, M. Knab expose les faits géologiques qui mènent à la connaissance du gisement des minéraux. Il décrit les gîtes minéraux, les combustibles minéraux, le sel gemme, les minerais, les mines de la France et des colonies et expose les principes qui doivent guider pour la reconnaissance des mines.

La seconde partie, *Exploitations des minéraux utiles*, traite de l'attaque de la masse terrestre (*abatage, voies de communication, exploitation*), et des transports de toute nature effectués dans le sein de la terre (*épuisement, aérage, extraction*). *L'éclairage*, la *descente des hommes*, les *accidents des mines* forment sous le titre de *Services divers* un groupe à part. Enfin, sous le nom de *Préparation mécanique des minerais*, l'auteur suit les minerais au delà de l'instant où ils ont été amenés au jour, en vue de les livrer aux usines dans un état mieux approprié aux opérations à subir.

Les Matériaux de construction et d'ornementation, par E. D'HUBERT. 1903, 1 vol, in-16 de 400 pages, avec 112 figures, cartonné.................................. 6 fr.

Le bois et le liège. — Les pierres, les marbres, les ardoises, le plâtre. — Les chaux et ciments, les produits céramiques. — Les verres et cristaux, le diamant et les gemmes.

La Métallurgie, par E. D'HUBERT. 1904, 1 vol. in-16 de 400 pages, avec 99 figures, cartonné........................ 6 fr.

Les minerais, les métaux, les alliages. — Les fers, fontes et aciers. — Les métaux usuels (cuivre, zinc, étain, plomb, nickel, aluminium). — Les métaux précieux (mercure, argent, or, platine).

La Grande Industrie chimique, par E. D'HUBERT et H. PECHEUX. 1906, 1 vol, in-16 de 400 p., avec 100 fig., cart. 6 fr.

Les matières premières (eau, glace, air liquide, combustibles). — Les matières éclairantes (pétrole, gaz d'éclairage, acétylène). — Le chlorure de sodium, les soudes, les potasses. — Les acides chlorhydriques, sulfurique, azotique. L'eau de Javel

Traité d'Électricité industrielle, par R. BUSQUET, professeur à l'Ecole industrielle de Lyon. 1900, 2 vol. in-16 de 1032 pages, avec 561 figures, cartonnés.................... 12 fr.

Les ouvrages techniques sur l'électricité ne manquent pas, mais ils s'adressent, en général, à des personnes ayant des connaissances mathématiques relativement élevées, ou possédant des notions étendues sur la science électrique.

Il n'existait pas encore un véritable livre d'initiation, qui permît à tout homme intelligent et désireux de s'instruire, d'aborder directement les questions d'électricité industrielle, sans avoir fait, au préalable, des études spéciales.

C'est cette lacune que M. Busquet s'est proposé de combler en exposant simplement et sans le secours des hautes mathématiques, les phénomènes électriques et les lois qui les régissent, sans rien sacrifier toutefois des principes exacts qui servent de base à l'électricité industrielle.

De là, deux parties distinctes dans l'ouvrage : l'une, constituant l'exposé théorique de l'électricité industrielle, s'adresse à tous ceux qui veulent simplement s'initier à l'étude de cette science, se familiariser avec ses multiples applications : l'autre, imprimée en petits caractères, contient les formules simples et les applications numériques, que tout praticien est appelé à connaître et à utiliser.

Voici un aperçu des matières traitées :

I. Notions primordiales. — Le courant électrique. — Magnétisme. — Aimantation et Induction. — Induction électro-magnétique. — Les dynamos. — Les dynamos à courant continu. — Fonctionnement des dynamos. — Description des divers types de dynamos à courant continu. — Les courants alternatifs. — Dynamos à courants alternatifs. — Divers types d'alternateurs.

II. Distribution des courants électriques. — Transmission électrique de l'énergie. Moteurs. — Applications mécaniques de l'énergie électrique. — Eclairage électrique. — Electrochimie. — Canalisations. Appareils de mesure. Conduite des dynamos. — Téléphonie.

Le Monteur électricien, par E. BARNI, ingénieur-électricien et A. MONTPELLIER, rédacteur en chef de l'*Electricien*. 2e *édition*, 1904, 1 vol. in-16 de 484 p., avec 224 fig., cartonné. 5 fr.

L'ouvrage de Barni a obtenu un très légitime succès, parfaitement justifié par le nombre de renseignements pratiques que l'on y trouve et par la clarté d'exposition des notions élémentaires d'électrotechnique indispensables.

M. Montpellier, le savant rédacteur en chef du journal *l'Electricien*, a pensé qu'une édition française de cet intéressant manuel pourrait rendre des services à tous ceux qui s'occupent des applications si nombreuses de l'électricité.

Dans cette 2e *édition*, M. Montpellier a jugé nécessaire de modifier le plan primitif et d'y faire de nombreuses additions, pour compléter certains chapitres insuffisamment développés.

C'est ainsi que le premier chapitre, consacré aux notions préliminaires, a presque entièrement été rédigé à nouveau, de façon à préciser certaines définitions et à présenter les principes des phénomènes électriques dans un langage qui fût en même temps accessible à tous et rigoureusement exact au point de vue scientifique.

Dans les chapitres relatifs aux dynamos à courant continu, M. Montpellier a également modifié le texte original, afin de présenter plus clairement au lecteur le fonctionnement de ces machines.

Les nombreuses données pratiquées sur les lampes à arc et à incandescence, sur les appareils accessoires de toute installation, sur la construction, l'établissement et les essais des canalisations aériennes et souterraines, extérieures et intérieures ; sur les alternateurs mono et polyphasés ; sur les moteurs électriques ; sur les systèmes de distribution, etc., constituent autant de monographies où le praticien pourra trouver facilement les renseignements dont il peut avoir besoin pour l'exécution des installations, leur mise en service et leur entretien.

Un grand nombre de figures nouvelles ont été ajoutées pour faciliter l'intelligence du texte.

Précis d'Hydraulique. La Houille blanche, par R. BUSQUET, professeur à l'Ecole industrielle de Lyon. 1905, 1 vol. in-18 de 376 pages, avec figures, cartonné........................ 5 fr.

L'utilisation des chutes d'eau ne date pas d'hier, mais elle était limitée à un petit nombre d'applications, tant que l'énergie ainsi recueillie ne pouvait être distribuée dans les grands centres de consommation. Il s'est produit une véritable revolution dans ce domaine, dès que par le moyen des courants électriques, on a pu transporter et utiliser dans les cités populeuses les forces hydrauliques emmagasinées dans les contrées montagneuses. Depuis ce moment, les installations hydrauliques ont pris une extension considérable, car il s'agit de mettre à profit des réserves de puissance incalculable, qui peuvent trouver facilement leur emploi aujourd'hui, grâce au progrès merveilleux de la science électrique.

Il y a, là, un vaste champ à exploiter, et l'on peut dire que si le siècle dernier a été le siècle de la vapeur, le vingtième siècle pourra s'appeler l'âge de la houille blanche. Les questions de force hydraulique sont donc de plus en plus à l'ordre du jour et ce Précis d'hydraulique répond à un besoin industriel nouveau.

Le livre de M. Busquet n'est ni un ouvrage purement descriptif, à l'usage exclusif des gens du monde, ni un traité didactique, abordable seulement pour les ingénieurs initiés aux spéculations des hautes mathématiques. C'est un Précis d'hydraulique appliquée, où sont présentées les théories techniques complètes et tous les calculs utiles à l'établissement des moteurs et des chutes hydrauliques, mais sans avoir recours à aucune opération compliquée.

Son but a été de mettre la science de l'industrie hydraulique à la portée de tous les techniciens, ingénieurs, architectes et entrepreneurs, qui peuvent être appelés à étudier et exécuter les installations de cette nature.

L'Eau dans l'Industrie, par P. GUICHARD. 1894, 1 vol. in-16 de 417 pages, avec 80 figures, cartonné................ 5 fr.

M. Guichard s'occupe d'abord de l'analyse chimique, microscopique et bactériologique de l'eau, puis de la purification des eaux naturelles, par les procédés physiques ou chimiques. Il passe en revue les différentes espèces d'eaux employées ; puis il étudie la fabrication et l'emploi de la glace, et l'emploi de l'eau à l'état liquide dans les industries alimentaires, dans la teinturerie, la papeterie, les industries chimiques, etc. Il traite ensuite des eaux résiduaires et de leur purification.

L'Eau potable, par F. COREIL, directeur du laboratoire municipal de Toulon. 1896, 1 vol. in-16 de 359 pages, avec 136 figures, cartonné.. 5 fr.

Éléments et caractères de l'eau potable. Analyse chimique, prise d'échantillon, examen physique, analyse qualitative et quantitative. Examen microscopique. Analyse bactériologique. Amélioration des eaux. Procédés mécaniques : filtration centrale et filtration domestique, nettoyage des filtres. Procédés physiques : stérilisation par la chaleur. Procédés chimiques.

Les Eaux d'Alimentation, épuration, filtration, stérilisation, par Ed. GUINOCHET, pharmacien en chef de l'hôpital de la Charité. 1894, 1 vol. in-16 de 370 pages, avec 52 fig., cart.. 5 fr.

I. Filtration centrale : Galeries filtrantes, filtres à sable, puits Lefort, procédés industriels. — II. Filtration domestique : Epuration par les substances chimiques, filtres domestiques. Nettoyage et stérilisation des filtres (Nettoyeur André), Expériences de M. Guinochet (stérilisation des bougies filtrantes). — III. Stérilisation par la chaleur : Action de la chaleur, appareils stérilisateurs.

Chaux et Ciments, par T. LEDUC, directeur technique du laboratoire de contrôle des usines et des essais des chaux et ciments du service du génie militaire. 1902, 1 vol. in-16 de 484 pages, avec 119 figures, cartonné.................................. 5 fr.

I. Historique de l'emploi du ciment. — II. Développement actuel de l'industrie des chaux et ciments dans les différents pays. — III. Fabrication des chaux et des ciments de grappiers. — IV. Fabrication des ciments naturels, des ciments de laitiers et des pouzzolanes. — V. Fabrication du portland artificiel : dosage des matières premières, préparation de la pâte par voie humide et par voie sèche, procédés de cuisson et en particulier, au moyen des fours rotatifs, du concassage, du broyage et du blutage. — VI. Le fonctionnement régulier d'une fabrication contrôlée par les moyens scientifiques dont l'industrie dispose aujourd'hui. — VII. Essais et propriétés générales des chaux et ciments, confection des mortiers secs et plastiques, essais de poinçonnage, d'adhérence au fer, action de l'eau de mer, des matières pouzzolaniques. — VIII. Les applications industrielles des chaux et ciments dans les dallages, les enduits, le béton et le ciment armé.

Verres et Émaux, par L. COFFIGNAL, ingénieur des arts et manufactures. 1 vol. in-16 de 332 pages, avec 129 figures, cartonné.. 5 fr.

La première partie du livre de M. Coffignal est consacrée aux *Verres*.

Composition, propriétés physiques et chimiques et analyse des verres, des fours de fusion, produits réfractaires et préparation des pâtes, procédés de façonnage du verre, produits spéciaux, et compositions vitrifiables : verres solubles, verres de Bohême, cristal, verres d'optique, décoration du verre.

La deuxième partie est consacrée aux *Emaux et glaçures*.

Composition, matières premières et propriétés des glaçures, fabrication et pose des glaçures, emploi des émaux.

Technologie de la Céramique, par E.-S. AUSCHER, ingénieur des arts et manufactures. 1891, 1 vol. in-16 de 273 pages, avec 93 figures, cartonné........................ 5 fr.

M. Auscher vient de publier, en deux volumes de l'*Encyclopédie Industrielle*, un *Traité de Céramique* qui expose toutes les connaissances acquises sur cette industrie dans ces dernières années.

Le premier volume est consacré à la *Technologie générale de la Céramique*.

Le deuxième volume est consacré à la *Technologie spéciale des diverses industries céramiques*.

Voici un aperçu des matières traitées dans la Technologie de la Céramique :

Classification des poteries. — Argiles, feldspaths, kaolins, quartz, craie, pâtes et couvertes, outillage céramique, préparation de pâtes, façonnage des pièces, préparation des couvertes et émaux, émaillage, séchage et cuisson, encastage, enfournement, fours sans foyer, — à foyers, — à gazogènes, moufles, fours d'essais, décoration des poteries, décors de grand feu et au feu de moufle, colorants céramiques.

Les Industries de la Céramique, par E.-S. AUSCHER. 1901, 1 vol. in-16 de 280 pages, avec 53 fig., cartonné. 5 fr.

Histoire de la céramique. — Poteries non vernissées poreuses. — Terres cuites. — Briques. — Tuiles. — Tuyaux. — Jarres. — Cuviers. — Alcarazzas. — Pots à fleurs. — Pipes en terre. — Filtres. — Carreaux. — Poteries vernissées à pâte poreuse. — Poteries lustrées. — Faïences stannifères. — Majoliques. — Faïences à vernis transparents. — Couvertes. — Faïences fines. — Poteries vernissées à pâte non poreuse. — Grès. — Porcelaines. — Porcelaines dures. — Porcelaines de Sèvres. — Porcelaines ordinaires. — Porcelaines orientales. — Porcelaines tendres. — Poteries non vernissées à pâte non poreuse. — Biscuits.

L'Or, propriétés physiques et chimiques, gisements, extraction, applications, dosage, par L. WEILL, ingénieur des mines. Introduction par U. LEVERRIER, professeur de métallurgie au Conservatoire des arts et métiers et à l'Ecole des mines. 1896, 1 vol in-16 de 420 pages, avec 67 figures, cartonné........................ 5 fr.

Le livre de M. Weill donne des notions précises et exactes sur l'industrie de l'or. Il n'existe pas d'autre ouvrage où l'on puisse trouver un ensemble aussi complet de renseignements sur cette matière. Propriétés physiques et chimiques : dosage. Géologie : minerais, gisement (Transvaal, Australie, Amérique, Sibérie). Métallurgie ; voie sèche, amalgamation, lixiviation. Elaboration : alliages, frappe des monnaies. Orfèvrerie : argenture. Rôle économique : commerce, statistique, avenir.

L'Argent, géologie, métallurgie, rôle économique, par Louis DE LAUNAY, professeur à l'Ecole des mines. 1896, 1 vol. in-16 de 382 pages, avec 80 figures, cartonné........................ 5 fr.

M. de Launay commence par rappeler, d'une façon générale, les *propriétés physiques et chimiques* de l'argent, qu'il est indispensable d'avoir présentes à l'esprit, avant d'étudier aussi bien sa géologie que sa métallurgie et son élaboration.

Puis il va chercher l'argent à sa source dans ses *gisements* qui, avec ses *minerais*, forment l'objet d'une seconde partie ; dans la troisième, on verra comment on peut l'extraire de ces gisements par la *métallurgie* ; dans la quatrième on apprendra à le *façonner* en vue de ses diverses applications. Enfin, dans la cinquième, on profitera des connaissances acquises par les précédentes pour examiner le *rôle économique de l'argent*, son *commerce* et son *avenir*.

Les grandes divisions de l'ouvrage sont donc les suivantes :

Première partie : L'argent. — Ses propriétés physiques et chimiques, ses alliages, son dosage.

Deuxième partie : Géologie de l'argent. — Minerais, gisements.

Troisième partie : Métallurgie. — Procédés de voie sèche, d'amalgamation et de lixiviation.

Quatrième partie : Travail de l'argent. — Argenture, etc.

Cinquième partie : Rôle économique de l'argent. — Son commerce et son avenir.

Le Cuivre, par Paul WEISS. 1893, 1 vol. in-16 de 344 pages, avec 86 figures, cartonné.................................. 5 fr.

M. P. Weiss résume en un volume portatif toutes les données actuelles sur les gisements, la métallurgie et les applications du cuivre.

Dans une première partie, M. Weiss passe en revue l'origine, les gisements, les propriétés et les alliages du cuivre. Dans la deuxième partie, il passe en revue le grillage des minerais, la fabrication de la matte bronze, la transformation de la matte bronze en cuivre noir, l'affinage du cuivre brut et le traitement des minerais de cuivre par la voie humide.

La troisième partie traite des applications du cuivre, de son marché, de son emploi, de la fabrication et de l'emploi des planches de cuivre (chaudronnerie, etc.), de l'emploi du cuivre en électricité (tréfilerie, etc.), de la fonderie du cuivre et de ses alliages, enfin des bronzes et laitons.

L'Aluminium, par A. LEJEAL. Introduction par U. LEVERRIER, professeur à l'Ecole des mines. 1894, 1 vol. in-16 de 357 page avec 36 figures, cartonné.................................. 5 fr.

Le volume débute par un exposé historique et économique. Vient ensuite l'étude des propriétés physiques et chimiques de l'aluminium et de ses sels, l'étude des minerais et de la fabrication des produits aluminiques. Les chapitres suivants sont consacrés à la métallurgie (procédés chimiques, électrothermiques et électrolytiques), aux alliages, aux emplois de l'aluminium, à l'analyse et à l'essai des produits aluminiques, enfin au mode de travail et aux usages de l'aluminium.

Le volume se termine par l'histoire des autres métaux terreux et alcalino-terreux : manganèse, baryum et strontium, calcium et magnésium.

La Machine à vapeur, par A. WITZ, docteur, ès-sciences, ingénieur des arts et manufactures. 2e *édition* entièrement refondue. 1902, 1 volume in-16 de 396 pages, avec 117 figures, cartonné... 5 fr.

Le livre de M. Witz est un exposé complet de ce que doivent savoir les ingénieurs qui choisissent, installent et essaient des machines à vapeur et les industriels qui les achètent et les emploient.

Le travail laborieux des ingénieurs et l'ingéniosité des constructeurs ont créé des types très variés de forme et de constitution. L'auteur décrit en détail les organes de la machine à vapeur avant d'aborder la monographie des meilleurs types où sont passés en revue, avec de nombreuses figures représentant des vues d'ensemble, des plans ou des coupes, les plus grands noms de la construction française et étrangère.

Voici un aperçu des matièr s traitées.

Théorie générique et expérimentale de la machine à vapeur classification des machines à vapeur. Détermination de la puissance des machines. Distribution par tiroir et à déclic. Organes de la machine à vapeur. Types de machines, machines à grande vitesse horizontales et verticales. Machines locomobiles demi-fixes et servo-moteurs, machines, compactes, machines rotatives et turbo-moteurs.

Les Chemins de fer, par A. SCHŒLKRER, ingénieur à la Compagnie du chemin de fer du Nord. 2e *édition*. 1902, 1 vol. in-16 de 384 pages, avec 96 figures, cartonné................ 5 fr.

M. Schœller s'est proposé de présenter les progrès réalisés dans la construction et l'exploitation des chemins de fer.

Dans ces dernières années, la traction électrique a fait partout et particulièrement en France, de très grands progrès; on trouvera dans ce volume les applications récentes faites aux métropolitains de Paris, Londres, Budapest et aux chemins de fer de montagne de Chamonix et de la Jungfrau.

L'auteur indique dans chaque chapitre non seulement ce qui se fait en France, mais aussi dans les autres pays.

Construction, exploitation, traction. La voie, les gares, les signaux, les appareils de sécurité, le block-system, les freins, concentration des leviers et enclenchements marche des trains, la locomotive, les véhicules, éclairage et chauffage, les chemins de fer métropolitains, — de montagne, — à voie étroite. — Les tramways — et les chemins de fer électriques.

La Traction mécanique et les Voitures automobiles, par G. LEROUX et A. REVEL, ingénieurs du service de la traction mécanique à la Compagnie générale des Omnibus. 1900, 1 volume in-16 de 364 pages, avec 108 figures, cartonné... 5 fr.

Les auteurs ont d'abord consacré un chapitre spécial à l'examen des organes qui sont communs à tous les systèmes. Puis ils passent en revue les tramways à vapeur (systèmes Rowan, Serpollet, Purrey, locomotives sans foyer), à air comprimé et à gaz d'éclairage.

Viennent ensui e, les tramways électriques avec leurs divers modes de traction : par conducteur relié à l'usine génératrice d'une manière continue ou d'une manière discontinue, et par accumulateurs. Un chapitre est consacré aux tramways funiculaires.

Les chapitres suivants sont consacrés aux voitures automobiles, voitures à vapeur, voitures à essence de pétrole et voitures électriques, et à la description des principaux types d'automobiles, véhicules lo rds ou voitures légères. Le dernier chapitre est consacré au fonctionnement et à l'entretien des voitures automobiles.

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT POSTAL

Cuirs et Peaux, par H. VOINESSON DE LAVELINES, chimiste au Laboratoire municipal. 1894, 1 vol. in-16 de 451 pages, avec 88 figures, cartonné.. 5 fr.

M. Voinesson de Lavelines passe d'abord en revue les peaux employées dans l'industrie des cuirs et peaux, puis les produits chimiques usités en hongroirie et mégisserie, les végétaux tannants et les matières tinctoriales pour les peaux et la maroquinerie. Vient ensuite la préparation des peaux brutes pour cuirs forts, le tannage des cuirs forts et la fabrication des cuirs mous. Les chapitres suivants sont consacrés à l'industrie du corroyeur, qui donne aux peaux les qualités spéciales nécessaires suivant les industries qui les emploient : cordonniers, bourreliers, selliers, carrossiers, relieurs, etc. L'art de vernir les cuirs, est décrit très complètement. Viennent ensuite la hongroirie, la mégisserie, la chamoiserie et la buffleterie. L'ouvrage se termine par la maroquinerie, l'impression et la teinture sur cuir, la parcheminerie et la ganterie.

L'Industrie et le Commerce des Tissus, en France et dans les différents pays, par G. JOULIN, chimiste au Laboratoire municipal. 1895, 1 vol. in-16 de 346 pages, avec 76 fig., cartonné.. 5 fr.

Après avoir décrit les opérations préliminaires du tissage et les opérations spéciales pour étoffes façonnées, M. Joulin consacre des chapitres distincts au coton (filature et tissus de coton, tissus unis, croisés, façonnés, velours, bonneterie, etc.) au lin, au jute, au chanvre, à la ramie, et à la laine (filature, travail de la laine à cardes et à peigne, draperie, reps, étamine, alpaga, barège, mérinos, velours, peluche, tapis, passementerie, vêtement, etc.).

L'Industrie du Blanchissage et les blanchisseries, par A. BAILLY. 1895, 1 vol. in-16 de 383 p., avec 106 fig., cart. 5 fr.

Ce livre est divisé en trois parties : 1° le blanchiment des tissus neufs, des fils et des cotons ; 2° le blanchissage domestique du linge dans les familles ; 3° le blanchissage industriel. L'ouvrage débute par une étude des matières premières employées dans cette industrie. A la fin sont groupés les renseignements sur les installations et l'exploitation moderne des usines de blanchisseries : on y trouvera décrite : 1° l'installation et l'organisation des lavoirs publics ; 2° les blanchisseries spéciales du linge des hôpitaux, des restaurants, des hôtels à voyageurs, des établissements civils et militaires ; 3° la manière d'établir la comptabilité du linge à blanchir ; 4° les relations entre la direction des usines, leur personnel et leur clientèle.

Le Tabac, culture et industrie, par ÉMILE BOUANT, agrégé des Sciences physiques. 1901, 1 vol. in-16 de 347 pages, avec 104 figures, cartonné.. 5 fr.

Historique. — *Culture.* — Notions de botanique. — Statistique de la culture du tabac. — Le sol et les engrais. — La culture en France. — La récolte en France. — Les ennemis du tabac. — La culture du tabac hors de France.

Technologie. — Notions générales. — Les matières premières. — Les diverses sortes de tabac manufacturé. — La fabrication des scaferlatis. — La fabrication des cigarettes. — La fabrication des cigares. — La fabrication des tabacs à mâcher. — Les produits secondaires.

Économie politique et hygiène. — Le tabac, source importante de revenus pour l'État. — L'exploitation du monopole en France. — La culture. — Fabrication et vente. — Statistique de la consommation. — La médecine et le tabac. — Les ennemis du tabac. Les défenseurs du tabac. — Conseils d'hygiène.

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT POSTAL

***

L'Industrie agricole, par F. CONVERT, professeur à l'Institut agronomique. 1901, 1 vol. in-16 de 443 pages, cart. 5 fr.

Climat, sol, population de la France. — Le climat et le sol. — Le territoire agricole : sa répartition. — La valeur de la propriété. — La population agricole. — Le matériel ; le bétail ; les engrais.

Les céréales et la pomme de terre. — Les productions végétales. — Le blé. — Les pays exportateurs de blé. — La législation des céréales. — Les mesures proposées pour relever le cours des blés. — La farine, le pain, le son. — Le seigle, l'avoine, l'orge le maïs. — La pomme de terre, les légumineuses alimentaires.

Les plantes industrielles. — La betterave et le sucre : histoire et législation. — La betterave à sucre : état actuel de la culture et de l'industrie de la sucrerie. — La betterave de distillation et l'alcool. — Les plantes oléagineuses et textiles. — Le houblon, la chicorée, le café, le tabac. — La viticulture et l'invasion phylloxérique. — Les vins étrangers, les vins de raisins secs. — L'olivier.

Le bétail et ses produits. — Les animaux de ferme. — L'espèce chevaline. — Les espèces bovine, ovine et porcine. — Le lait, le beurre et le fromage. — La viande de boucherie. — Le commerce extérieur du bétail. — La laine et la soie. — La production agricole de la France.

Précis de Chimie agricole, par EDOUARD GAIN, maître de conférences à la Faculté des Sciences de Nancy. 1895, 1 vol. in-16 de 436 pages, avec 93 figures, cartonné.......... 5 fr.

Après avoir étudié le principe général de la nutrition des végétaux, l'auteur trace rapidement l'historique des différentes doctrines relatives à l'alimentation des plantes. Abordant ensuite la physiologie générale de la nutrition, il passe en revue les rapports de la plante avec le sol et l'atmosphère, les fonctions de nutrition, le chimisme dynamique et le développement des végétaux.

La deuxième partie traite de la composition chimique des plantes. La troisième est consacrée à la fertilisation du sol par les engrais et les amendements. La quatrième comprend la chimie des produits agricoles.

Analyses et Essais des Matières agricoles, par A. VIVIER, directeur de la Station agronomique et du Laboratoire départemental de Melun. 1897, 1 vol. in-16 de 870 pages avec 88 figures, cartonné.................................... 5 fr.

L'auteur indique les méthodes générales de séparation et de dosage des éléments les plus importants dans les engrais, dans les sols et dans les plantes.

Il étudie l'analyse des engrais et des amendements, et, à propos des engrais commerciaux, des exigences des plantes, ainsi que des conditions d'emploi des engrais dans les différents sols et pour les différentes cultures. Vient ensuite l'analyse du sol et celle des roches. L'analyse des eaux, les méthodes générales applicables à l'analyse des matières végétales et animales. Enfin, M. Vivier indique l'application de ces méthodes aux cas particuliers, fourrages, matières premières végétales des industries agricoles, produits et sous-produits de ces industries, etc.

Le Pain et la Panification, *chimie et technologie de la boulangerie et de la meunerie,* par L. BOUTROUX, professeur de chimie à la Faculté des Sciences de Besançon. 1897, 1 vol. in-16 de 358 pages, avec 57 figures, cartonné........................ 5 fr.

Dans une première partie, M. Boutroux étudie la farine. La seconde partie est consacrée à la transformation de la farine en pain. Etude théorique de la fermentation panaire, opérations pratiques de la panification usuelle, procédés de panification employés en France ou à l'étranger. Composition chimique du pain et opérations par lesquelles le chimiste peut en apprécier la qualité ou y déceler les fraudes. Au point de vue de l'hygiène, valeur nutritive du pain en général et des diverses sortes de pain.

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS, 19, RUE HAUTEFEUILLE, PARIS

A.-E. BREHM

Les Merveilles de la NATURE

Collection recommandée par le Ministère de l'instruction publique. Pour les bibliothèques de quartier et de professeurs dans les lycées et collèges et les distributions de prix.

L'HOMME ET LES ANIMAUX

Description populaire des Races Humaines et du Règne Animal

Caractères, Mœurs, Instincts, Habitude et Régi[...] [...]hasses, Combats Captivité, Domesticité, Acclimatation, Usages et Produits.

10 volumes — 10 volumes

et les Continents	*l'apparition de l'homme*
Par F. PRIEM	Par F. PRIEM
1 vol. gr. in-8, 708 p. avec 757 fig. 12 fr.	1 vol. gr. in-8, 715 p. avec 856 fig. 12 fr.

3 volumes — **LES PLANTES** — 3 volumes

Le Monde des Plantes	*La Vie des Plantes*
Par P. CONSTANTIN	Par P. CONSTANTIN et d'HUBERT
2 vol. gr. in-8 1584 p. avec 1752 fig. 24 fr.	1 vol. gr. in-8, 812 p. avec 1340 fig. 12 fr.

Ensemble, 15 volumes grand in-8, ensemble 11854 pages, avec 11129 figures intercalées dans le texte et 176 planches tirées sur papier teinté, 180 francs.

CHAQUE VOLUME SE VEND SÉPARÉMENT

Broché 12 fr. — Relié en demi-chagrin, plats toile, tranches dorées, 17 fr.

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT SUR LA POSTE

